

Planeamento da Produção em linhas de Estampagem de componentes de embalagens de Aerossóis

Sofia Vasquez Paulo Cunha

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Doutor Gonçalo Figueira



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2016-07-04

À Minha Mãe

Resumo

Num contexto económico competitivo, uma boa performance organizacional terá de passar pelo alinhamento da estratégia com uma gestão eficaz e eficiente da cadeia de abastecimento. Neste cenário, o planeamento da produção enquadra-se como um processo crucial na gestão de operações, com foco na melhor utilização de recursos tendo em mente a volatilidade da procura existente.

O presente trabalho tem como objetivo melhorar o planeamento da produção, envolvendo concretamente a redefinição da abordagem de gestão de inventário de produto intermédio. Esta reestruturação das políticas de inventário tem em vista uma melhor utilização do capital investido face à estratégia definida de geração de valor para o cliente.

Primeiramente, numa análise descritiva é definido o problema, com as especificidades associadas ao processo produtivo em questão. Seguidamente, os parâmetros relacionados com o problema são medidos e analisados numa ótica de quantificar a situação atual.

O problema encontrado na empresa onde se realizou o projeto prende – se com a complexidade envolvida no planeamento da produção de produto intermédio. Complexidade essa resultante da falta de definição clara e normalizada de critérios de apoio à decisão. Esta problemática revela-se crítica quando consideradas as elevadas coberturas de inventário verificadas.

Compreendidas todas as variáveis que influenciam o problema, é proposta uma solução de melhoria e é estudado o impacto esperado da sua implementação.

A solução apresentada envolve uma proposta de divisão das referências em classes, cada uma delas com um tipo de tratamento distinto. Propõe-se a existência de inventário de segurança apenas para as referências com elevado consumo e reduzida variabilidade do mesmo. Para as restantes referências, é demonstrada a existência de capacidade para as produzir por encomenda.

Com o objetivo de validar a solução proposta, é construído um modelo de simulação no *software* Arena. Nele é incorporada a variabilidade do sistema real, sendo consideradas taxas de avarias das linhas de produção, capacidades reais instaladas e produção de componentes defeituosos.

A principal conclusão do trabalho centra-se no facto do nivelamento de inventário sugerido com recurso à abordagem descrita, permitir à empresa alcançar o seu objetivo de nível de serviço de 95% com uma redução significativa do seu capital investido em inventário.

Production Planning of Aerosols components in Stamping Lines

Abstract

In a competitive economical environment a good organizational performance must be achieved through the alignment between company strategy and supply chain management.

Production planning comes in this scenario as a crucial management operations process with the goal of improving the utilization of resources having in mind the volatility of demand existent.

This project has as objective to improve production planning by redefining the inventory policy of intermediate product. This restructuration allows a better use of the capital invested according to the defined strategy of value creation to customers.

Firstly a descriptive analysis is conducted in order to define the problem with all the productive process specificity associated. the parameters related with the problem were measured and analysed to quantify the current situation.

The problem found in the organization where the project took place is concerned with the complexity involved in components production planning. This complexity is mainly due to the lack of the criteria definition to support the decision process. The importance of this subject can be highlighted by the high stock coverage verified.

Having all the variables that influence the problem studied an improvement solution is proposed and also its impact in case of implementation.

The solution presents a class division for the different components references each of them with a specific type of treatment. The existence of inventory is advised only for components with high levels and low variability of consumption. For the rest of the references a make to order approach is advised.

In order to validate the solution approach recommended, a simulation model is built in Arena software in which the variability of the system is represented. This variability includes machine failure rate, actual capacity and the production of defective components.

The main conclusion reached is that the levels of inventory suggested in the approach recommended allow the company to achieve the target service level of 95 %. This is followed by a reduction of the capital invested in inventory.

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu orientador da FEUP, Doutor Gonçalo Figueira, por todo o acompanhamento e disponibilidade ao longo da realização da dissertação.

À minha orientadora da Colep, Engenheira Raquel Miranda, pela confiança constante no meu trabalho.

Ao Engenheiro José Carlos Soares, responsável pelo Planeamento da Colep, pela permanente disponibilidade e partilha de conhecimento, imprescindível para a realização do projeto.

À Equipa de Melhoria Contínua por me fazerem sentir em casa desde o primeiro dia.

A toda a equipa de planeamento, com um especial agradecimento à Rita, à Irina e à Sandra, por toda a paciência no esclarecimento de dúvidas.

Às minhas compinchas Elisa e Mariana, por terem percorrido comigo esta jornada.

À Colep, enquanto empresa, por facultar as melhores condições para a realização de uma dissertação em ambiente empresarial.

Um agradecimento ao Jorge Rodrigues, ao Aires, ao Tiago Gonçalves, ao Sr. Joaquim e ao João Manuel Tavares, também da Colep, pelo apoio e disponibilidade.

Por último, mas de modo algum menos importante, à minha família e ao Gonçalo, por serem a minha alegria de viver.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	A empresa	1
1.3	Objetivos, metodologia e estrutura da dissertação	2
2	Enquadramento teórico	5
2.1	Planeamento Hierárquico da Produção	5
2.2	Impacto da Gestão de Inventário na performance organizacional	6
2.3	Tendências na Gestão da Cadeia de Abastecimento	6
2.4	Posicionamento de Inventário na Cadeia de Abastecimento	7
2.5	Gestão de Inventário	9
2.6	Constrangimentos dos processos produtivos	10
2.7	Modelos de Gestão de Inventário	10
2.8	Simulação no suporte à Gestão de Inventário	12
2.8.1	Vantagens da simulação:	12
2.8.2	Desvantagens da simulação:	13
2.8.3	Fases da simulação:	13
3	Identificação da Situação Atual	15
3.1	Mapeamento do processo produtivo	15
3.2	Mapeamento do processo de planeamento da produção	16
3.2.1	Planeamento da Litografia	18
3.2.2	Planeamento da Estampagem e da Montagem	20
3.3	Identificação de oportunidades de melhoria	21
3.3.1	Complexidade envolvida no processo de planeamento da litografia de folha para componentes	21
3.3.2	Falta de definição de regras na tomada de decisão do Processo de Controlo de Qualidade da folha Litografada	22
3.3.3	Existência de atividades sem valor acrescentado	22
3.4	Caracterização e análise da Situação Atual	23
3.4.1	Análise ABC dos componentes	23
3.4.2	Identificação dos Stocks de Segurança	24
3.4.3	Análise da Cobertura dos Stocks de Componentes Estampados	24
3.4.4	Estampagem como “Capacity-Constrained Resource”	28
3.4.5	Custo associado aos atuais níveis de inventário	28
4	Nova abordagem ao planeamento da produção	30
4.1	Divisão por classes de componentes	30
4.2	Cálculo do Stocks de Segurança	31
4.2.1	Abordagem das necessidades líquidas	32
4.2.2	Abordagem com base na capacidade máxima da Montagem	33
4.2.3	Abordagem teórica	34
4.3	Capacidade da Estampagem para produzir referências B e C “to order”	38
4.4	Comparação da situação atual e a proposta	39
5	Validação da Solução Proposta	40
5.1	Construção do Modelo de Simulação	40
5.2	Análise de Resultados	44
6	Conclusões e sugestões de trabalhos futuros	50
	Referências	51
	ANEXO A: Processo de Planeamento de Litografia de Folha para componentes	53
	ANEXO B: Processo de Planeamento da Litografia	54
	ANEXO C: Processo de Planeamento do Corte Primário	55

ANEXO D:	Processo de Planeamento da Montagem	56
ANEXO E:	Variação da diferença entre a produção e o consumo para os vários diâmetros	57
ANEXO F:	Stocks de Segurança dos componentes que têm como destino a Polónia e que não integram a classe de consumo A	61
ANEXO G:	Capacidade da Estampagem para produzir por encomenda	62

Siglas

JIT- *Just-in-Time*

MRP- *Material Requirements Planning*

MTS- *Make-to-Stock*

MTO- *Make-to-Order*

ATO- *Assemble-to-Order*

ETO- *Engineer-to-Order*

OEE- *Overall Equipment Effectiveness*

ERP- *Enterprise Resource Planning*

Índice de Figuras

Figura 1: Cronograma do Projeto	3
Figura 2:Matriz do Planeamento da Cadeia de Abastecimento, retirado de (Meyr <i>et al.</i> , 2002, p. 99).....	6
Figura 3:Posicionamento de inventário na cadeia de abastecimento, retirado de (Jacobs e Chase 2014).....	8
Figura 4: Seleção da estratégia de operações, retirado de Olhager (2003).....	8
Figura 5: Modelo de Revisão Contínua com Stock de Segurança	12
Figura 6:Modelo de Revisão Periódica com Stock de Segurança.....	12
Figura 7: Fundos e Cúpulas	15
Figura 8: Processo Produtivo- Aerossol	15
Figura 9: Macro-Processos	17
Figura 10: Fases dum estudo de simulação	40
Figura 11: Esquema representativo do modelo de simulação	43

Índice de Gráficos

Gráfico 1:Análise ABC do consumo de componentes estampados	23
Gráfico 2: Definição dos Stocks de Segurança de componentes estampados	24
Gráfico 3:Cobertura de stock de Cúpulas em semanas	25
Gráfico 4:Cobertura de stocks de Fundos em semanas	25
Gráfico 5:Números referências de fundos com coberturas de stock superiores a 1 mês.....	26
Gráfico 6:Números referências de cúpulas com coberturas de stock superiores a 1 mês	26
Gráfico 7: Custo de inventário em cada mês (aplicado um fator de conversão)	29
Gráfico 8:Análise ABC XYZ	31
Gráfico 9: Evolução das necessidades líquidas ao longo do ano em análise das cúpulas de diâmetro 48	32
Gráfico 10: Quantidade total consumida por semana das cúpulas 48 (aplicado fator de conversão).....	38
Gráfico 11: Comparação do custo de inventário da situação atual face à proposta (aplicado fator de conversão)	39

Índice de Tabelas

Tabela 1: Fórmulas relativas aos modelos de Gestão de Inventário.....	11
Tabela 2: Número de meses consecutivos com stock parado em cada tipo de componente	27
Tabela 3: Capacidades das linhas de produção da Estampagem e da Montagem (aplicado um fator de conversão)	28
Tabela 4: Stock de Segurança agregado do diâmetro 52 (aplicado um fator de conversão).....	32
Tabela 5: Stock de segurança desagregado (aplicado um fator de conversão)	33
Tabela 6: Stocks de segurança pela abordagem agregada (aplicado fator de conversão)	34
Tabela 7: Valores obtidos através da abordagem teórica (aplicado fator de conversão).....	36
Tabela 8: Comparação dos níveis de Stock de Segurança relativos às três abordagens (aplicado fator de conversão)	37
Tabela 9: Comparação de Coberturas de Stock entre a situação atual e a proposta.....	39
Tabela 10: Percentagem de utilização das Linhas de Produção	44
Tabela 11: Resultados das Cúpulas 52 do Diâmetro 57	45
Tabela 12: Resultados dos Fundos 50 do Diâmetro 52	45
Tabela 13: Resultados dos Fundos 43 do Diâmetro 45	46
Tabela 14: Resultados das Cúpulas 45 do Diâmetro 49	46
Tabela 15: Resultados das Cúpulas 41 do Diâmetro 45	46
Tabela 16: Resultados das Cúpulas 48 do Diâmetro 52	47
Tabela 17: Resultados dos Fundos 47 do Diâmetro 49	47
Tabela 18: Resultados dos Fundos 54 do Diâmetro 57	48
Tabela 19: Resultados dos Fundos 63 do Diâmetro 65	48
Tabela 20: Resultados das Cúpulas 60 do Diâmetro 65	49

Índice de Equações

Equação 1: Cobertura de Stock	24
Equação 2: Cálculo do Inventário	32
Equação 3: Expressão de Cálculo dos stocks de segurança pela abordagem agregada	33
Equação 4: Inventário de Segurança	34
Equação 5: Ponto de encomenda	34
Equação 6: Quantidade económica de encomenda.....	34

1 Introdução

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

A indústria metalomecânica é tipicamente considerada uma indústria de capital intensivo, querendo isto dizer que são necessários elevados volumes de investimento para esta permanecer em funcionamento. O sector da indústria metalomecânica é dividido nos segmentos de atividade económica de metalúrgicas de base, equipamentos de transporte e produtos metálicos e elétricos. Em Portugal, este último segmento engloba 90% do número de empresas do setor e representa 53% do volume de negócios do mesmo. Segundo dados do Banco de Portugal, 56% dos custos da atividade operacional do segmento de produtos metálicos e elétricos da atividade económica dizem respeito à rubrica CMVMC (custo das matérias vendidas e matérias consumidas) (Banco de Portugal 2015). Esta regista sobretudo os custos associados às matérias-primas e às matérias subsidiárias.

Representando as matérias-primas uma parte tão significativa do custo operacional da atividade, lógico é afirmar que uma boa performance operacional das empresas presentes neste ramo passará por uma utilização eficiente dos seus recursos. Associando esta criticidade do custo à volatilidade da procura proveniente do cenário económico atual, compreende-se a necessidade de utilizar as melhores práticas de eliminação de desperdícios e as melhores metodologias de planeamento da produção. As empresas, cada vez mais, dedicam especial atenção à estruturação do seu planeamento da produção e estabelecimento das suas políticas de inventário, com vista a alinhar a sua estratégia com a melhor utilização de capital possível.

1.2 A empresa

A Colep está situada na indústria metalomecânica e no sector de negócio do embalamento, oferecendo soluções integradas de embalamento em Plástico e em Metal e ainda, desenvolvimento e conceção do produto e seu respetivo enchimento. As unidades de embalagens plásticas e metálicas estão inseridas na área de negócio do *Packaging*. Dentro da unidade de embalamento metálico, área onde o projeto foi realizado, existe a subdivisão em tipo de produto: Aerossóis e *General Line*. Esta última englobando a produção de latas para o setor industrial e alimentar.

A visão da empresa é ser líder na criação de valor fornecendo aos seus clientes produto e respetiva solução de embalamento, através da inovação, tecnologia e práticas sustentáveis. Tem presença internacional e os seus objetivos estratégicos passam por ser líder no setor dos aerossóis e no mercado da inovação e tecnologia e ainda, *player* global nos setores de Higiene Pessoal, Saúde e Doméstico.

A Colep surgiu como uma empresa familiar e cresceu por sucessivas aquisições e fusões, descentralizando progressivamente o poder. A sua cultura incute valores como a ética, foco no cliente, paixão pela excelência, com vista a promover a sua visão de implementação tecnologias e soluções inovadoras, exercendo práticas sustentáveis, com a missão de criar valor trabalhando em conjunto com os clientes.

A estrutura da empresa está dividida por tecnologia, havendo departamentos comuns e decisões tomadas de modo transversal à escala global. Em 2015 a Colep atingiu os 466 329 864 euros de volume de negócios, com 3202 colaboradores. Como clientes salientam-se os exemplos de empresas como a CIN, Colgate, Johnson and Johnson, L'Oréal, Procter & Gamble e Unilever.

Atualmente possui fábricas em Portugal, Espanha, Polónia, Alemanha, México, Brasil e Dubai. Mantém ainda uma aliança estratégica designada “ACOA”, integrando a organização “One Asia Network”, permitindo o acesso aos mercados orientais. As únicas unidades fabris que produzem embalagens metálicas são a da Polónia, de Espanha e de Portugal. No entanto, tanto na fábrica da Polónia como na de Espanha só se realiza o último processo produtivo, sendo que os primeiros processos são realizados na fábrica de Vale de Cambra. Relativamente à produção de aerossóis, esta só é realizada na Polónia e em Portugal.

Numa atmosfera económica adversa, o fato de a Colep não possuir marca própria torna crucial a solidificação das suas vantagens competitivas. Para se destacar face aos concorrentes, a Colep necessita satisfazer as necessidades dos clientes com um *lead time* curto, mantendo a sua cadeia de abastecimento eficiente com uma excelente utilização dos seus recursos.

Esta indústria, como já foi referido, pode ser considerada de capital intensivo. O facto de na sua cadeia a Colep ter um custo com a principal matéria-prima, folha-de-flandres, que representa cerca de 70% do custo do produto, corrobora esta afirmação. Adicionando a restrição da matéria-prima ter um *lead time* que pode variar entre 2 e 3 meses resulta numa dificuldade acrescida para a gestão. Por um lado, a empresa não pode manter um nível de stock elevado, dado que representa muito capital empatado; por outro, não pode arriscar falhar no nível de serviço ao cliente que rapidamente poderá seleccionar outro fornecedor.

Outro aspeto característico da cadeia é a sua capacidade limitada, dado que um dos seus processos produtivos produz para abastecer não só a fábrica de Portugal, como também as fábricas de Espanha e da Polónia. Ainda assim, o compromisso com o cliente é acordado num *lead time* que varia entre 3 e 4 semanas, desde a encomenda à entrega no cliente. O desafio aqui inerente é o de reduzir a percentagem desse *lead time* que é conseguido à base de stocks e torná-lo à base de uma cadeia eficiente e rápida. O objetivo traçado pela empresa é o de oferecer ao cliente um nível de serviço de 95%. A presente dissertação teve especial foco no estabelecimento de um nível adequado de stocks de produto intermédio que permitam a obtenção deste nível de serviço.

1.3 Objetivos, metodologia e estrutura da dissertação

A Colep tem traçado como objetivo estratégico maximizar o nível de serviço, mantendo o mínimo investimento possível. Sendo o inventário uma das principais fatias do capital investido é crítico que a sua gestão seja rigorosa de modo a potenciar a rendibilidade da empresa. Assim sendo, a empresa considera de extrema relevância analisar as metodologias de planeamento de produção existentes e melhorá-las. Nesse sentido, surgiu o projeto “Planeamento da Produção em linhas de Estampagem de componentes de Aerossóis”, desenvolvido no âmbito da dissertação em ambiente empresarial, componente final do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão.

O projeto teve como âmbito o setor de planeamento de produção de Aerossóis, na direção de *Supply Chain* da unidade de negócios de Metal Packaging da empresa Colep em Vale de Cambra, tendo como suporte a equipa de Melhoria Contínua.

O objetivo do projeto definido inicialmente foi estabelecido como sendo o de melhorar o processo de planeamento da produção de Aerossóis. Para tal foram definidos como entregáveis o mapeamento da situação atual com identificação de oportunidades de melhoria, o desenho de solução de uma melhoria a executar com vista a melhorar o planeamento da produção e o teste da solução proposta.

Durante o período de quatro meses na empresa foram realizadas essas atividades e concretamente detetou-se como oportunidade de melhoria a existência de elevada complexidade no processo de planeamento de litografia para componentes. Identificado o problema, foi efetuado um estudo relativo às causas do mesmo, tendo sido estudado o processo imediatamente a jusante na cadeia de abastecimento. Compreendida a situação atual delineou-se uma solução com vista a uma implementação futura por parte da empresa, onde foi proposta uma metodologia de apoio à decisão que impactará o nível de inventário mantido pela empresa.

O projeto foi estruturado de acordo com o cronograma da Figura 1. Nele se evidencia o planeamento efetuado das principais atividades a executar e a sua semana prevista de conclusão, delimitado a cor azul, bem como as semanas efetivas de realização das atividades a verde. Desta forma foi possível controlar a evolução do projeto.

		Ano																														
		Mês		Março				Abril				Maio					Junho															
Project	Atividade	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25														
Planeamento da Produção em linhas de Estampagem de componentes de Aerossóis - Metal Packaging VC	Mapeamento do processo produtivo																															
	Mapeamento do processo de planeamento																															
	Identificação de oportunidades de melhoria																															
	Recolha e análise de dados																															
	Estudo aprofundado de uma das oportunidades detetadas																															
	Desenho de uma solução para o problema encontrado																															
	Estimação da gap entre o estado atual e o pretendido																															
	Teste da solução proposta																															
	Análise de conclusões																															

Figura 1: Cronograma do Projeto

Ao longo da dissertação, o segundo capítulo apresenta o estado de arte das temáticas relacionadas com a resolução do problema proposto. Primeiramente é analisada uma metodologia corrente de planeamento da produção. Seguidamente são discutidas as tendências da gestão da cadeia de abastecimento, passando pelas filosofias *Lean* e *Just-in-Time* (JIT), abordando aspetos como a colocação ideal de inventário consoante a decisão estratégica por parte da empresa de como abastecer os seus clientes. Para além disso, são estudados possíveis constrangimentos dos processos produtivos, contrapondo a *Theory of constraints* com os sistemas JIT.

Outro tópico estudado são os diferentes modelos de gestão de stocks, dando ênfase ao selecionado para resolução do problema proposto- o Modelo de Revisão contínua com stock de segurança devido à incerteza da procura. Para além disso são revistas as análises ABC e XYZ, que darão fundamento à divisão de classes proposta para as regras de gestão de inventário para o projeto em questão. No final do segundo capítulo é ainda revista a Simulação por eventos discretos e seus pressupostos típicos, como método de validação da solução proposta.

No terceiro capítulo é apresentado o mapeamento do processo de planeamento da Empresa com a identificação das oportunidades de melhoria detetadas. Dentro dos problemas encontrados é selecionada a complexidade envolvida no processo de litografia de folha para componentes como objeto de estudo. Como forma de o simplificar e de compreender as verdadeiras necessidades em termos de quantidades a produzir, é estudado o processo imediatamente a seguir, o processo de Estampagem. Na quantificação da situação atual do processo de Estampagem é demonstrada uma análise ABC, são identificados os erros na definição de stock de segurança, são calculadas análises de cobertura, são explicitadas as restrições do processo e são ainda calculados os custos representativos da situação atual.

No quarto capítulo é concretizada a solução proposta para o problema. É relevante destacar a metodologia ABC XYZ como proposta de classificação dos componentes, sendo cada que classe deverá ser tratada de forma distinta em termos de gestão de inventário. Nesta secção são ainda nivelados os stocks de segurança assumidos como ótimos.

No quinto capítulo é demonstrado o modelo de simulação construído com o objetivo de validar a solução proposta no capítulo anterior e são analisadas as principais conclusões do estudo.

Por fim, na conclusão é feita uma análise crítica do projeto, sendo dadas indicações para potenciais trabalhos futuros relacionados com este âmbito.

Por questões de confidencialidade, os valores apresentados neste relatório são não os reais, tendo sido aplicado um fator de conversão aos mesmos sem perda de representatividade. No que diz respeito às designações dos componentes envolvidos, as mesmas foram substituídas por nomenclaturas simbólicas.

2 Enquadramento teórico

Num contexto económico competitivo, para uma organização gerar valor é crucial que alinhe a sua estratégia com a sua cadeia de abastecimento, de modo a atingir as expectativas dos seus clientes da forma mais eficaz e eficiente possível. O sucesso das suas operações passa por integrar a sua estratégia com os seus processos, sempre com o suporte analítico na tomada de decisão (Christopher 1998).

Um dos processos preponderantes na gestão de operações de uma cadeia de abastecimento é o planeamento. Este surge da necessidade de operar a cadeia de abastecimento estrategicamente. Nele, a empresa deve determinar o quão antecipadamente vai ser satisfeita a procura, tendo por base os recursos disponíveis. Uma função de extrema importância do planeamento é desenvolver um conjunto de métricas para monitorizar a eficiência da cadeia, no sentido de entregar ao consumidor um produto ou serviço de elevada qualidade, de um modo eficiente (Jacobs e Chase 2014).

2.1 Planeamento Hierárquico da Produção

O Planeamento Hierárquico da Produção divide o planeamento da produção em três categorias com horizontes de aplicação distintos: o planeamento estratégico ou a longo prazo (mais de um ano), o tático ou a médio prazo (seis meses a um ano) e o operacional ou a curto prazo (menos de seis meses). No planeamento estratégico tomam-se decisões como a localização, capacidade e *layout* de novas instalações fabris, a seleção do tipo de produtos a produzir e a estrutura da cadeia de abastecimento. O planeamento tático envolve a alocação dos recursos com base nas restrições de capacidade. O planeamento operacional requer a desagregação da informação dos níveis superiores e inclui o sequenciamento e a definição exata das datas de produção (Lobo 2005).

O Planeamento deve estabelecer considerações sobre desenvolvimentos futuros e fornecer as diretrizes de implementação. Concretamente ao nível do “Master Planning” (Plano Diretor de Produção) observado na Figura 2, a principal tarefa centra-se na utilização da capacidade disponível da forma mais eficiente possível. O principal objetivo é balancear as limitações de capacidade dos recursos, com as previsões de necessidades fornecidas pela Previsão da Procura e estabelecer os níveis de stock adequados para satisfazer essas mesmas necessidades (Fleischmann *et al*, 2000).

O Planeamento da Produção é o processo que determina as quantidades a produzir num horizonte temporal definido. Este também define os níveis de inventário que deverão ser mantidos, bem como a mão-de-obra e outros recursos necessários para implementar o plano de produção. Habitualmente é feito de uma forma agregada, sendo que a respetiva desagregação é realizada no Escalonamento da Produção. Este último, de carácter mais operacional, detalha o sequenciamento das referências individuais a produzir, usando intervalos de tempo mais pequenos. De notar que, apesar do grande detalhe do plano de produção, tipicamente este não consegue ser executado na íntegra, devido a ocorrências de última hora, como por exemplo avarias de máquinas ou falta de operadores (Thomas e McClain 1993).

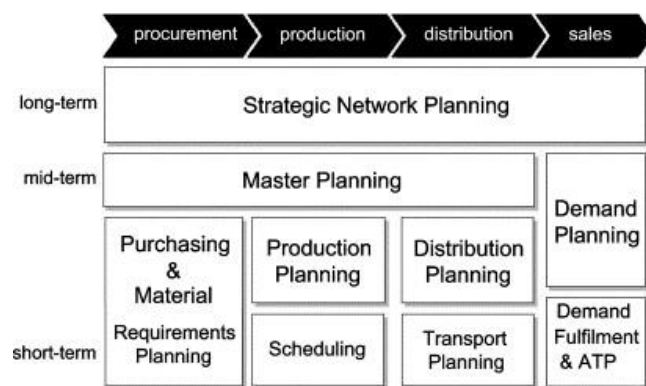


Figura 2: Matriz do Planeamento da Cadeia de Abastecimento, retirado de (Meyr *et al.*, 2002, p. 99).

2.2 Impacto da Gestão de Inventário na performance organizacional

Quatro tópicos são identificados por Steward (1995) como chave para atingir uma cadeia de abastecimento de excelência: o desempenho na entrega, a flexibilidade de resposta, o custo logístico e a gestão de recursos. O desempenho na entrega diz respeito à capacidade de satisfazer o cliente nas datas prometidas. A flexibilidade de resposta está relacionada com o tempo que a cadeia demora a reagir a novas encomendas, desde o tempo que demora a abastecer de matérias-primas, à variabilidade do *lead time* de produção. O custo logístico por sua vez engloba os custos de processamento de encomenda, de manuseamento dos materiais, de possuir inventário e de todas as atividades de suporte à produção. Por último, a gestão de recursos assume um papel de extrema importância, dado que muitas empresas resolvem os seus problemas de rapidez de entrega e flexibilidade à custa de recursos, nomeadamente de inventário. Uma métrica que permite avaliar o quão eficazmente a empresa está a gerir os seus recursos é a cobertura de stock, que não é mais do que o número de dias que a procura pode ser satisfeita com a quantidade de inventário detida (Steward 1995).

O sucesso de uma empresa depende do quão eficientemente esta controla os seus inventários ao longo dos diferentes processos, sendo por isso a gestão de inventário vital para se atingir resultados satisfatórios. A rotação de inventário mede o número de vezes que a empresa vende o seu inventário num período de tempo. Um rácio elevado indica que a empresa está a ter uma boa utilização financeira dos seus recursos. Para alcançar elevada rotação de inventários, a organização deverá melhorar a sua eficiência interna, eliminando as atividades sem valor acrescentado e suprimindo inventários excessivos (Rao e Rao 2009).

Estudos demonstram que reduções no número de dias de inventário, ao representarem uma redução no capital empatado, impactam significativamente no aumento da rentabilidade de uma empresa. No entanto, é feita uma chamada de atenção para o facto do capital empatado ser um compromisso entre a rentabilidade e o risco de rutura de serviço ao cliente (Martínez-Solano e García-Teruel 2007).

2.3 Tendências na Gestão da Cadeia de Abastecimento

Os paradigmas da transferência de informação e material numa organização têm evoluído ao longo do tempo e as filosofias *Lean* apoderaram-se do quotidiano das organizações. O objetivo da produção *Lean* é eliminar desperdício e, por desperdício, entende-se tudo aquilo que o cliente não está disposto a pagar. Pretende-se por isso, criar valor e atingir elevados níveis de qualidade e produção, à custa do mínimo inventário possível. O foco na reengenharia de processos e na introdução de sistemas Pull merece especial atenção nesta filosofia.

Os sistemas Pull, em que a produção é despoletada pelo cliente, vêm ao encontro da produção *Just-in-Time* (JIT), em que se pretende produzir o que é preciso, apenas quando é preciso. O

objetivo é produzir com a maior qualidade e assim reduzir defeitos e custos da não qualidade, consequentemente consumindo menos recursos. Quanto aos níveis de inventário, projeta-se que sejam mínimos, minimizando o capital investido e reduzindo o tempo de resposta ao cliente. A existência de inventário reduz a eficiência na movimentação e encobre a produção de defeitos, a sobreprodução, os tempos de espera elevados e outras razões da falta de produtividade (Christopher 1998).

Jacobs e Chase (2014) contrapõem a produção *Lean*, que está muito focada na redução de custo pela eliminação do custo e da variabilidade, com a “*Theory of Constraints*” de Eli Goldratt, que concentra esforços de melhoria na operação crítica que se encontra a restringir a performance global do sistema (o gargalo de produção). Goldratt propõe que a produção seja sincronizada e que o que deve ser balanceado é o fluxo e não a capacidade. Esta ideia surge do fato das diferentes fases do processo terem diferentes variabilidades no que toca a produtividade. Considera-se que o investimento de colocar todas as fases com a mesma capacidade, pelo ajuste de máquinas, equipamentos e pessoas não é eficaz. Pelo contrário, o que se deve fazer é precisamente aproveitar da melhor forma essas capacidades não balanceadas, isto porque uma linha de produção balanceada por capacidades é ainda sujeita a flutuações estatísticas no seu comportamento. Quer isto dizer que, quando ocorrem flutuações em alguma fase do processo, sendo as diferentes fases dependentes umas das outras, nunca mais haverá oportunidade de atingir o *output* médio. Assim, uma das formas de balancear é colocar pequenos *buffers* ou pulmões em determinadas zona para absorver a variabilidade.

Comparando o sistema *Just-in-time*, com a produção sincronizada da “*Theory of Constraints*”, constata-se que o sistema *Just-in-Time* permite a redução do *Work-in-Process*, no entanto apresenta os seguintes inconvenientes segundo Jacobs e Chase (2014):

- É mais apropriado para ambientes de produção repetitivos;
- Requer um nível de produção estabilizado;
- Não possibilita muita flexibilidade nos produtos produzidos;
- Requer mesmo assim inventário, quando seguida a metodologia de Kanban, de modo a haver produto ou componente a ser “puxado” para a fase seguinte;
- Os fornecedores têm de estar localizados nas proximidades, para se poder abastecer de quantidades pequenas e mais frequentes.

2.4 Posicionamento de Inventário na Cadeia de Abastecimento

A definição do melhor local para posicionar inventário numa cadeia de abastecimento é uma decisão de carácter estratégico, necessária em qualquer processo produtivo. O local onde o inventário é posicionado na cadeia designa-se por “*decoupling point*” (ou ponto de desacoplamento) e a seleção deste ponto resulta num *trade-off* entre *lead time* de entrega, isto é, o tempo de resposta ao cliente, e o investimento em inventário. Na Figura 3 é ilustrado esse *trade-off*, bem como as atividades existentes numa cadeia de abastecimento. A atividade “*Source*” diz respeito ao abastecimento de matérias-primas, a atividade “*Make*” está ligada a produção do produto em si e por fim, a atividade “*Deliver*” representa o ponto em que o produto é expedido para o cliente.

Consoante a estratégia da empresa, as suas capacidades de produção e as necessidades dos clientes, estas atividades são organizadas com vista a minimizar o custo, permanecendo competitivas e criando valor para o seu consumidor.

Tipicamente, uma rápida resposta ao cliente, advém de um elevado custo de inventário, dado que um produto acabado é mais dispendioso do que a sua matéria-prima. Torna-se fácil compreender este conceito, pensando que um produto acabado contém o custo da matéria-prima adicionado do custo de o fabricar, englobando todas as operações nele realizadas. Nas empresas que abastecem os seus clientes de produto acabado, os seus sistemas produtivos designam-se de “*Make-to-Stock*”(MTS). Por sua vez, nas empresas que combinam módulos pré-montados para satisfazer o cliente, os seus processos produtivos denominam-se de

“*Assemble-to-order*”(ATO). Aquelas que fabricam o produto por encomenda a partir da matéria-prima constituem os sistemas produtivos “*Make-to-order*”(MTO). Por fim, nos casos em que a empresa trabalha com o cliente na elaboração do *design* e compra matérias-primas e componentes específicos, o seu processo designa-se “*Engineer-to-order*”(ETO).

O *trade-off* entre a rapidez de serviço e o custo de inventário pode ser otimizado com melhor conhecimento das estimativas da procura, com soluções de transporte mais rápidas e por uma produção mais flexível e acelerada. Esta flexibilidade diz respeito a, sempre que possível, os componentes tenham um *design* que sirva o maior número de produtos. Com um menor número de referências é muito mais simples gerir e prever a procura.

Muitas empresas “*Make-to-Stock*” investem na produção *Lean* como forma de atingir elevados níveis de serviço à custa de menor investimento em inventário (Jacobs e Chase 2014).

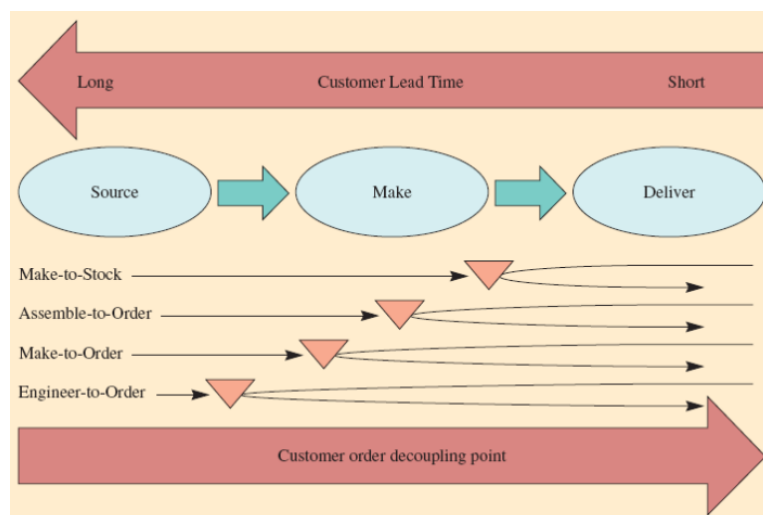


Figura 3: Posicionamento de inventário na cadeia de abastecimento, retirado de (Jacobs e Chase 2014)

Olhager (2003) enquadra a selecção do ponto de desacoplamento como uma decisão de planeamento estratégica. A estratégia de produção está intimamente ligada à escolha da política de reaprovisionamento, que por sua vez dependente do funcionamento característico das operações de cada organização em particular. O *lead time* da produção e a volatilidade da procura são dois indicadores que deverão influenciar o modo como é gerida a eficiência da produção e o nível de investimento necessário para atingir o nível de serviço pretendido. O modelo proposto por Olhager (2003), ilustrado na Figura 4, divide diferentes estratégias de acordo com a volatilidade da procura, equivalente ao coeficiente de variação (desvio padrão da procura dividido pela média da procura), e com o rácio “P/D”, que é o *lead time* da produção dividido pelo *lead time* de entrega ao cliente.

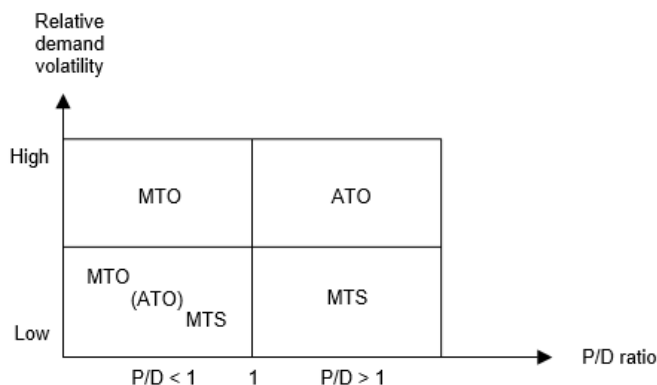


Figura 4: Selecção da estratégia de operações, retirado de Olhager (2003)

2.5 Gestão de Inventário

Um sistema de inventário é um conjunto de políticas para monitorizar os níveis de inventário e determinar qual o nível que deve ser mantido, quando reabastecer e que quantidade deverão ter as encomendas de reposição.

Segundo Ballou (1992), todas as empresas, incluindo as que tratam as suas operações como JIT, mantêm inventário pelas seguintes razões:

- Para manter as suas operações independentes: por exemplo, como existem custos de setup, fabricando uma quantidade maior para inventário, reduz o número de setups, o que se traduz em maior flexibilidade do sistema; ou para nivelar o *output* médio resultante de atividades com tempos de performance diferentes;
- Para conseguir absorver a variabilidade da procura: quando a procura é conhecida é fácil determinar as quantidades a produzir; o mesmo não se verifica quando a procura é completamente incerta ou desconhecida;
- Para permitir flexibilidade no escalonamento da produção: a existência de inventário reduz a pressão de ter de produzir para expedir rapidamente, o que possibilita um *lead time* mais curto, o que permite ao planeamento criar um fluxo de produção suave e com um custo inferior de operações pelos volumes superiores;
- Proteger contra a variação do tempo de entrega da matéria-prima: podem existir atrasos na entrega, trocas de encomendas ou mesmo defeitos que tenham de ser corrigidos com reposição de entrega;
- Aproveitar descontos de quantidade na compra: existem muitos custos associados a colocar e processar uma encomenda, por isso pode haver vantagem em não repetir o procedimento para encomendas reduzidas;
- Outras razões de carácter específico do domínio de aplicação: por exemplo, especulação de subida de preço.

Relativamente a custos, Magee e Boodman (1967) salientam que na tomada de decisão do modelo de gestão de inventário é necessário ponderar os seguintes custos:

- Custos de posse: estes incluem o custo de armazenamento, manuseamento, seguros, depreciação, impostos e custos de oportunidade do capital investido;
- Custos de setup: a produção de diferentes produtos implica setups e muitas vezes isso implica a troca de equipamento, afinações, preenchimento de requisições e movimentação de materiais;
- Custos de colocação de encomenda: estes envolvem o custo de preparar uma encomenda ou elaborar uma ordem de produção;
- Custos de quebra: a quebra corresponde a uma situação onde já existe uma encomenda e não há stock para a satisfazer. Nessas situações, ou as quantidades são reabastecidas ou a encomenda terá de ser cancelada. Este custo é difícil de medir, pois na verdade é difícil de medir a perda de lucro desta situação ou podem não existir dados relativos à percentagem de clientes perdidos por esta ocorrência.

Manter inventário através da colocação de encomendas, receção de stock e todas as atividades relacionadas com a sua gestão custa dinheiro e consome tempo. Desta forma, quando há limitações em termos de recursos, a abordagem lógica é focar a atenção nos elementos mais importantes. No que toca aos sistemas de inventário, estes devem especificar quando a melhor altura para colocar uma encomenda e quais as quantidades nela envolvida. A maior parte dos sistemas tem referências altamente heterogéneas quanto ao volume de produção e por isso não é razoável dar o mesmo tipo de tratamento a todas. É na resolução deste problema que surge a classificação ABC, que agrupa o inventário num grupo A de elevado volume, num grupo B de moderado volume e num grupo C de pouco volume. Usualmente o grupo A inclui 20% das referências, o grupo B 30% e o C 50%. O objetivo desta divisão centra-se em classificar os itens e inseri-los num grupo, com regras específicas e um grau adequado de controlo.

Importa referir que, por vezes, quando existe uma referência crítica para o sistema, devido ao facto da sua falta provocar uma elevada perda, independentemente da sua classificação, deverá existir grande quantidade de stock para assegurar que não existe quebra do respetivo item (Ballou 1992).

Chackelson *et al* (2010) propõem uma estratégia de abastecimento eficaz para cada classe derivada da análise ABC/XYZ. Esta análise é utilizada para construir uma estratégia de controlo de inventário. A classificação proposta tem por base o consumo do produto e sua capacidade de ser previsto por métodos de previsão ou *forecast*. Tal como foi referido anteriormente, os artigos com elevadas vendas detêm a designação de A, enquanto os C representam os de baixo consumo. As referências com vendas regulares ou constantes são denominadas por artigos “X”; já as com vendas com padrão irregular ou estocástico integram a classe “Z”. Esta divisão pode ser conseguida pelo cálculo numérico do coeficiente de variação, que não é mais do que o desvio padrão da procura sobre a média da procura.

2.6 Constrangimentos dos processos produtivos

Jacobs e Chase (2014) fazem uma revisão sobre os constrangimentos associados aos processos produtivos. Primeiramente um processo é definido como um conjunto de atividades realizadas, que transformam *inputs* em *outputs*. Um processo multifásico possui múltiplos grupos de atividades relacionados por um fluxo. Designa-se de *buffering* uma zona de armazenamento de inventário entre duas fases do processo, que permite que estas funcionem de forma independente. A situação que resulta da atividade parar por falta de espaço para colocar um item produzido designa-se por *blocking*. Quando uma atividade para por falta de abastecimento da anterior atribui-se o nome de *starving*. Um *bottleneck* é definido como um recurso, cuja capacidade é inferior à procura, e que limita a capacidade global do sistema. Como capacidade entende-se o tempo disponível para produção, excluindo tempos de paragem e de manutenção. Por sua vez, um “*capacity-constrained resource*” é um recurso cuja utilização está muito próxima da sua capacidade, o que significa que tem de ser cuidadosamente programado, caso contrário este pode tornar-se um *bottleneck*.

Importa ainda clarificar as componentes temporais que interferem com o tempo de ciclo de produção, isto é, com o tempo médio entre a produção de produtos sucessivos. Estas são o tempo de setup, em que se prepara o recurso para o trabalho a realizar; o tempo de processamento, que corresponde ao tempo que o produto ou componente está a ser processado pelo recurso; o tempo em fila de espera, em que o produto está à espera de ser processado pelo recurso; o tempo de espera, tempo em que um componente está à espera de outro para serem montados; e o tempo operacional, que não é mais do que o tempo de jornada de trabalho subtraído do tempo de paragem programada e do tempo perdido com avarias e setups.

2.7 Modelos de Gestão de Inventário

Segundo Jacobs e Chase (2014), a primeira distinção a fazer na seleção dum modelo apropriado de gestão de stocks é compreender se o produto a vender implica uma única compra por parte do cliente, ou se se tratará de um de consumo regular. Por outras palavras, se não existirá reabastecimento e a decisão só engloba a definição de uma quantidade que cobrirá um período temporal fixo.

No primeiro caso, de venda única sem necessidade de reabastecimento, é usual utilizar o Modelo de Inventário com um único período. Um exemplo típico de aplicação deste modelo é a decisão por parte de um quiosque de definir quais as quantidades que vai encomendar de um jornal diário para colocar a vender no dia seguinte. Se a quantidade de encomenda for reduzida, poderá haver perda de lucro por nem todos os clientes terem jornal disponível para comprar. Por outro lado, se existirem jornais em excesso, nem todos se irão vender e haverá prejuízo (Jacobs e Chase 2014).

Neste modelo é estimado um custo de procura sub e sobre estimada e associada uma probabilidade dos acontecimentos. A quantidade ótima a encomendar será o resultado da minimização da perda, com base nesses custos e probabilidades.

Quando o problema implica garantir a disponibilidade de um produto numa base regular ao longo do ano, os modelos que melhor se aplicam ao sistema são o Modelo de Revisão Contínua e o Modelo de Revisão Periódica. A distinção fundamental entre os dois está no facto de uma nova encomenda de produto ser despoletada por um tempo ou por uma quantidade definida. No Modelo de Revisão Contínua (Modelo Q) uma encomenda é gerada quando se atinge um ponto de reabastecimento definido. Já no modelo de Revisão Periódica (Modelo P) as encomendas apenas podem ser colocadas entre intervalos de tempos pré-determinados (Jacobs e Chase 2014).

Procedendo a uma comparação entre os dois modelos, relativamente à quantidade de encomenda, no caso do modelo Q, é constante, em oposição à quantidade variável do modelo P. Quanto à monitorização da quantidade em inventário, no modelo Q terá de ser permanente, já no modelo P só serão atualizados os níveis de inventário no momento de revisão P. Relativamente ao tamanho do inventário, o modelo Q permite o sistema funcionar com recurso a quantidades menores. No entanto é necessário despendar mais tempo para monitorizar as quantidades. Por fim, o modelo Q é mais apropriado para itens críticos ou de elevado valor, enquanto que o modelo P é tipicamente usado para itens de baixo custo.

No Modelo Q são assumidos os seguintes pressupostos: que a procura de um produto é constante e uniforme ao longo do período; que o *lead time* de entrega da encomenda é constante; e que toda a procura é satisfeita.

O modelo Q serve como ponto de partida, no entanto, na maioria dos casos é bastante irrealista assumir que a procura é constante e conhecida. Por esta razão é definido um stock de segurança que será a variação da procura no *lead time*. O estabelecimento do stock de segurança é feito com base na probabilidade de ocorrer uma quebra do produto.

Habitualmente assume-se que a procura é normalmente distribuída ao longo do período, com uma média e um desvio padrão conhecidos. Estabelecendo um valor para o nível de serviço, por exemplo, definindo que não pode haver quebra em 95% das vezes, significa que o nível de stock de segurança terá de ser de 1.64 desvios padrões da procura durante o *lead time*.

A quantidade económica de encomenda vem da função de minimização do custo total. Q é o ponto que minimiza a soma do custo de posse com o custo de encomenda.

O modelo Q e o modelo P com stock de segurança e entregas integrais encontram-se representados nas Figura 5 e Figura 6 respetivamente. As fórmulas associadas aos seus cálculos e as suas legendas encontram-se demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1: Fórmulas relativas aos modelos de Gestão de Inventário

Fórmula	Modelo em que se aplica	Onde:
$Q = \sqrt{\frac{2 \times d \times CPE}{C \times I}}$	ambos	Q é a quantidade económica de encomenda; d é a procura anual; D é procura média por unidade de tempo; CPE é o custo médio de encomenda; C é o custo unitário do produto;
$Inventário\ médio = \frac{Q}{2} + SS$	ambos	I é o custo médio de posse de inventário; SS é o stock de segurança;
$SS = z \times \sigma_L$	Modelo Q	Z é o número de desvios padrões correspondentes a x% de nível de serviço;
$R = D \times L + z \times \sigma_L$	Modelo Q	R é o ponto de encomenda do modelo Q; σ_L é o desvio padrão da procura durante o
$SS = \sigma_{L+T}$	Modelo P	lead time por unidade de tempo ($\sigma\sqrt{L}$); L é o lead time na mesma unidade de tempo;
$q = D(T + L) + Z\sigma_{L+T} - I$	Modelo P	q é a quantidade a encomendar no modelo P; T é o intervalo de tempo entre revisões.

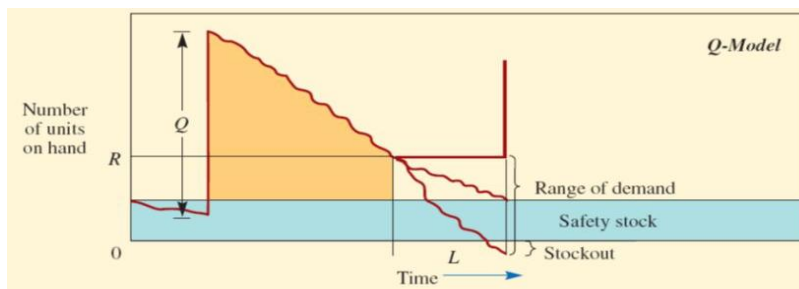


Figura 5: Modelo de Revisão Contínua com Stock de Segurança

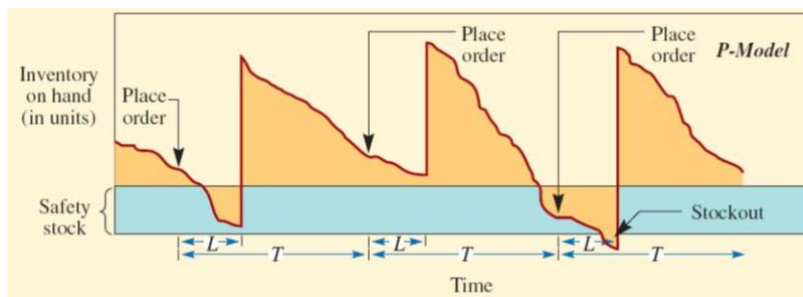


Figura 6: Modelo de Revisão Periódica com Stock de Segurança

Numa cadeia de abastecimento, com múltiplas fases da produção sujeita a procura estocástica, (Graves e Willems s.d.) assumem que a procura é normalmente distribuída e que o lead time de que cada fase é determinístico. Pressupõe-se também que não existem constrangimentos de capacidade e que cada fase garante o nível máximo de serviço aos seus sucessores imediatos na cadeia.

2.8 Simulação no suporte à Gestão de Inventário

Simulação consiste no processo de construção de um modelo que representa um sistema real, com o objetivo de estudar o modo como ele opera e de compreender as relações entre as suas variáveis. Normalmente associa-se o termo simulação a experiências realizadas em programas informáticos de modelos que representam sistemas reais (Zizka 2005).

A simulação é uma ferramenta poderosa em contexto produtivo para suportar decisões na gestão da produção, programação de linhas, determinação de níveis de inventário e procedimentos de manutenção. Para além disso, pode também auxiliar no planeamento da capacidade, na definição dos requisitos dos recursos ou processos. A sua utilização é especialmente importante nas situações em que o tamanho ou a complexidade do problema tornem o uso das técnicas de otimização muito difícil ou impossível (Jacobs e Chase 2014).

A determinação dos stocks de segurança pode ser feita via abordagem analítica ou via uma abordagem de simulação. Para modelos simples, a abordagem analítica tem a simplicidade a seu favor, visto que basta inserir os devidos parâmetros nas fórmulas. Quanto a desvantagens, usualmente a abordagem analítica assume por defeito que a procura segue uma distribuição normal, o que em alguns casos poderá ser uma aproximação forçada. (Zizka 2005)

Com um campo de aplicação mais vasto, (Jacobs e Chase 2014) apresentam as seguintes vantagens, desvantagens e fases dos modelos de simulação.

2.8.1 Vantagens da simulação:

1. A construção do modelo contribui para um melhor entendimento do sistema real.
2. O tempo pode ser comprimido na simulação, isto é, anos de experiência num sistema real podem corresponder a segundos ou minutos na simulação.
3. A simulação não interrompe nem perturba as atividades do sistema real.
4. As simulações são mais gerais do que modelos matemáticos, o que possibilita a sua utilização em casos onde as análises matemáticas habituais não se enquadram.

5. A simulação pode ser utilizada como teste de iniciativas, podendo-se realizar inúmeras experiências antes da execução real, conseguindo-se desta forma minimizar custos.
6. A simulação providencia uma abordagem mais realista do que uma replicação matemática do sistema.
7. Inúmeros modelos normalizados sobre um conjunto de tópicos encontram-se disponíveis comercialmente.
8. A simulação responde a análises “What-if”.

2.8.2 Desvantagens da simulação:

1. Embora se despenda grande volume de tempo e esforço na modelação da simulação, não há garantia de que este fornece boas soluções.
2. Não há prova que a performance de um modelo de simulação seja completamente fiável, dado que esta envolve repetições baseadas na geração aleatória de ocorrências.
3. Consoante o sistema a ser modelado, a sua construção pode demorar longos períodos de tempo.
4. A simulação pode ser menos precisa do que uma análise matemática, pois é baseada em eventos aleatórios. Se um sistema puder ser representado via modelo matemático, é preferível que o seja.
5. Modelos de simulação complexos podem envolver muito esforço computacional.
6. A técnica de simulação, ainda que em progresso, não possui uma abordagem normalizada, isto é modelos de um mesmo sistema construídos por indivíduos diferentes podem divergir significativamente.

2.8.3 Fases da simulação:

1. **Definir o Problema:** Esta fase consiste na especificação dos objetivos e na identificação das variáveis controláveis e não controláveis do sistema em estudo que irão interferir com os resultados.
2. **Construir o modelo:** Esta fase subdivide-se nas seguintes etapas:
 - a. Especificação das variáveis e parâmetros: nesta etapa determina-se que características do modelo serão fixas e se designarão por parâmetros e quais as características do modelo poderão variar ao longo duma corrida da simulação e que se designarão naturalmente por variáveis.
 - b. Especificação das regras de decisão: as regras de decisão não são mais do que um conjunto de condições que irão modelar o comportamento da simulação.
 - c. Especificação das distribuições de probabilidade: O comportamento das entidades e dos recursos da simulação pode ser modelado através das distribuições estatísticas que melhor representem a sua variação. As distribuições estatísticas apresentam elevada importância pelo fato de introduzirem o carácter estocástico representativo da maior parte das situações reais.
 - d. Especificação do procedimento de incremento temporal: Num modelo de simulação o tempo pode avançar segundo incrementos de tempo fixos ou variáveis. Os incrementos temporais fixos são mais apropriados para a abordagem de simulação por processos, onde o modelo é examinado e atualizado por intervalos regulares. Na abordagem por processos é estabelecido o percurso completo da entidade desde que entra até que abandona o sistema. A progressão segundo incrementos variáveis é aconselhada quando existem poucos eventos a ocorrer no mesmo período de tempo e para uma abordagem de simulação por acontecimentos isto é, onde o modelo é examinado e atualizado quando se verifica uma mudança no estado do sistema. Nesse caso, em intervalos de tempo em que não há eventos, o sistema avança imediatamente para o próximo ponto onde há ocorrência de evento.

3. **Especificar os valores das variáveis e dos parâmetros:** Nesta fase são determinados os valores iniciais, os quais servem de ponto de partida da simulação. Para além disso é definido o tempo de corrida da simulação segundo uma de três abordagens possíveis. A abordagem tradicional é correr a simulação até esta atingir o equilíbrio (*steady state*). A segunda abordagem é correr a simulação num período de tempo definido, como por exemplo o equivalente a um mês, e verificar se as condições no final do período parecem razoáveis. A última abordagem é correr a simulação até se obter uma amostra suficientemente grande para justificar os resultados ao teste estatístico de hipóteses estipulado (Jacobs e Chase 2014).
4. **Avaliar os resultados:** A avaliação dos resultados é um procedimento que na maioria dos casos só é conseguida após a implementação pela observação do sistema real. No entanto, são realizados por um lado testes estatísticos de controlo e, por outro, são efetuadas comparações entre os resultados do modelo e informações históricas sobre o funcionamento real do sistema.
5. **Validar o modelo:** Esta fase tem como objetivo confirmar se a modelação é representativa da realidade e verificar se existem erros de lógica. Os erros de código normalmente são fáceis de detetar pois a simulação muitas vezes nem executa. No entanto, o mesmo não acontece para os erros de lógica. A deteção destes últimos poderá ser feita selecionando um ponto na corrida da simulação e comparar o resultado com o obtido pelo cálculo de uma formulação matemática. O modelo também deverá ser alvo de avaliação por uma equipa independente, que com uma visão externa valide a sequência lógica do modelo (Sargent s.d.).
6. **Testar nova experiência:** Com base nos resultados obtidos da simulação, poderá fazer sentido testar o modelo com outros fatores envolvidos de modo a obter soluções alternativas. (Jacobs e Chase 2014)

Gosavi e Tezcan (2001) propõem um algoritmo para a pesquisa do dimensionamento ótimo de *buffers* em linhas de produção estocásticas. Entende-se por produção estocástica, linhas com muita variabilidade na produção, não balanceadas e com pouca fiabilidade. Estas são sujeitas a perturbações advindas de variações nos tempos de processamento e de falhas nas células de trabalho envolvidas. As perturbações ocorridas provocam um aumento no tempo de paragem e uma diminuição da produtividade das linhas envolvidas. No sentido de mitigar o efeito destas perturbações é proposta a criação de *buffers* entre as máquinas na linha. A produtividade numa linha de produção estocástica pode ser aumentada pela alocação de *buffer* entre as máquinas. No entanto, existe um limite devido ao custo de possuir inventário. Para além disso, o espaço ocupado e o equipamento de manuseamento dos materiais necessário para manter *work-in-process* (WIP) implica capital investido.

No que respeita à definição de pressupostos na construção da simulação do presente projeto, a revisão de Gosavi e Tezcan (2001) foi tida em consideração. No modelo desenvolvido admitiu-se também que os tempos de processamento se assumem como determinísticos e que o tempo entre avarias e o tempo de reparação seguem ambas distribuições exponenciais negativas. Para além disso, assume-se que em caso de avaria a reparação inicia-se imediatamente a seguir à mesma e que o trabalho a ser realizado no momento permanece no processo e recomeça no instante em que a máquina se encontra reparada.

Relativamente aos pressupostos que a primeira máquina da linha nunca sofre *starving* e que a última máquina da linha nunca é bloqueada, os mesmos foram adaptados pelo facto do modelo construído apenas conter um processo produtivo. No entanto, admitiu-se para esse único processo que o fornecimento de matérias-primas é infinito e que existe um *buffer* infinito a seguir a ele mesmo.

3 Identificação da Situação Atual

A primeira fase do projeto centrou-se em mapear os processos atuais e compreender as suas interligações, com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria para numa etapa seguinte estudar novas abordagens a um dos problemas encontrados. Assim sendo, esta secção é subdividida em primeiro lugar numa breve contextualização do processo produtivo, em segundo lugar uma descrição do processo de planeamento, em terceiro lugar na identificação e discussão de algumas oportunidades de melhoria e finalmente em quarto lugar, na quantificação da situação atual respeitante à questão que a empresa pretende melhorar no curto prazo.

3.1 Mapeamento do processo produtivo

Em primeiro lugar importa clarificar que um aerossol é constituído por um corpo de seção retangular, por um fundo, colocado na parte inferior e por uma cúpula, colocada na parte superior. Na Figura 7 do lado esquerdo podem ser observados fundos e do lado direito cúpulas.



Figura 7: Fundos e Cúpulas

Centrando-se o Projeto na Produção de Aerossóis importa compreender melhor o seu processo produtivo. O mesmo encontra-se representado na Figura 8.

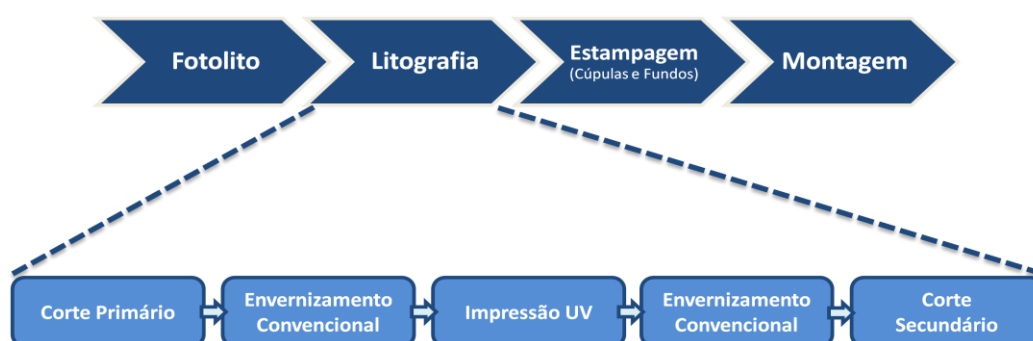


Figura 8: Processo Produtivo- Aerossol

Antes de se iniciar a produção propriamente dita, o primeiro processo que ocorre é o Fotolito. Nele é efetuado todo o *design* do corpo do aerossol e são testadas e especificadas todas as cores que irão ser necessárias, de modo a assegurar a máxima qualidade. Nesta fase são elaboradas *mock-ups* para o cliente visualizar e aprovar aquilo que será o seu produto final.

Seguidamente, já aprovadas todas as especificações do produto, passa-se para o primeiro processo da litografia, o Corte Primário. Neste processo as bobines de folha de aço são cortadas em folhas. Dessas folhas cortadas, parte será para produzir componentes (fundos e cúpulas) e outra parte para produzir corpos. As folhas para componentes sofrem envernizamento convencional e levam as cores necessárias consoante o acabamento pretendido. As folhas para corpo, por sua vez, levam em primeiro lugar envernizamento convencional, em segundo lugar passam pela impressão ultravioleta, onde o esquema visual pretendido ganha forma. Para adquirir mais resistência, após a impressão ultravioleta passam novamente no envernizamento convencional. Para finalizar o processo de litografia procede-se ao corte secundário onde, no caso da folha litografada para componentes, esta é cortada nas dimensões necessárias para passar para o processo seguinte de Estampagem; no outro caso, a folha é cortada separando os corpos individuais dos aerossóis que seguem para a Montagem. A folha litografada para componentes, já cortada, segue para a Estampagem, onde com recurso a prensas, dará origem aos componentes estampados. Estes últimos seguem também para o processo de Montagem, onde serão agregados aos corpos dando origem ao aerossol.

3.2 Mapeamento do processo de planeamento da produção

No sentido de simplificar a compreensão, na Figura 9 encontra-se ilustrada a interligação entre os diferentes processos envolvidos na produção de um Aerossol. Nos Anexos A,B,C e D encontram-se fluxogramas relativos aos processos principais.

O planeamento da produção na empresa é realizado de um modo hierárquico e subdivide-se em dois níveis, o Planeamento e a Programação. O planeamento situa-se num nível superior, que é o objeto de análise nesta secção, onde num intervalo de tempo semanal agregado são definidas as quantidades a produzir de cada tipo de referência. No nível inferior, Programação, é onde se realiza a desagregação das quantidades a produzir na semana e é efetuado o sequenciamento. Este segundo nível desdobra o planeamento na definição do momento exato da produção, por dia. É precisamente a este nível que é feita a otimização da produção a nível da minimização de *setups* nas diferentes linhas. É na Programação que se efetuam as ordens de fabrico que são entregues à equipa da Produção.

Na secção do Planeamento existem processos dedicados ao Corte Primário, à Litografia de folha para componentes, à Litografia agregada como um todo, à Estampagem e, por último, à Montagem. Apesar da equipa de Planeamento ser responsável não só pela fábrica de Vale de Cambra como também pela fábrica de Navarra e da Polónia, só foi objeto de estudo o planeamento dos Aerossóis das fábricas de Vale de Cambra e da Polónia. Assim sendo, de modo a facilitar a compreensão é relevante referir que existe um planeador dedicado ao Corte Primário, outro dedicado em simultâneo ao planeamento da Litografia de folha para componentes e à Montagem na Polónia, outro dedicado à Litografia e outro à Estampagem e à Montagem. Para além destes elementos do nível superior, existem também programadores, dois no processo da Litografia, englobando em conjunto Corte Primário, Impressão e Corte Secundário e um responsável pela programação da Estampagem e da Montagem em simultâneo.

O processo de planeamento é despoletado pelo lançamento de uma encomenda no sistema SAP (ERP utilizado pela empresa) por parte do departamento de *Customer Service*. A partir dessa encomenda, o sistema SAP gera necessidades de produção, que surgem automaticamente em cada um dos diferentes processos do planeamento. Sendo eles, o planeamento do corte primário, da litografia de folha para componentes, da litografia de

corpos e da estampagem e montagem. Sequencialmente, os planeadores terão de converter as necessidades em ordens de produção das encomendas com definição da respetiva data. Para além dessas conversões em ordens de produção, semanalmente são elaborados os planos de produção da litografia, da estampagem e montagem. Sendo o *lead time* de entrega ao cliente de três a quatro semanas, idealmente na primeira semana efetua-se a litografia da folha tanto para os componentes, como para o corpo do aerossol, na segunda semana são estampados os componentes e por fim, na terceira semana são montados os componentes estampados com o corpo do aerossol, ou seja, com a folha litografada. Desta forma, na terceira semana os aerossóis estão prontos a ser expedidos de acordo com os contratos logísticos estabelecidos com os respetivos clientes.

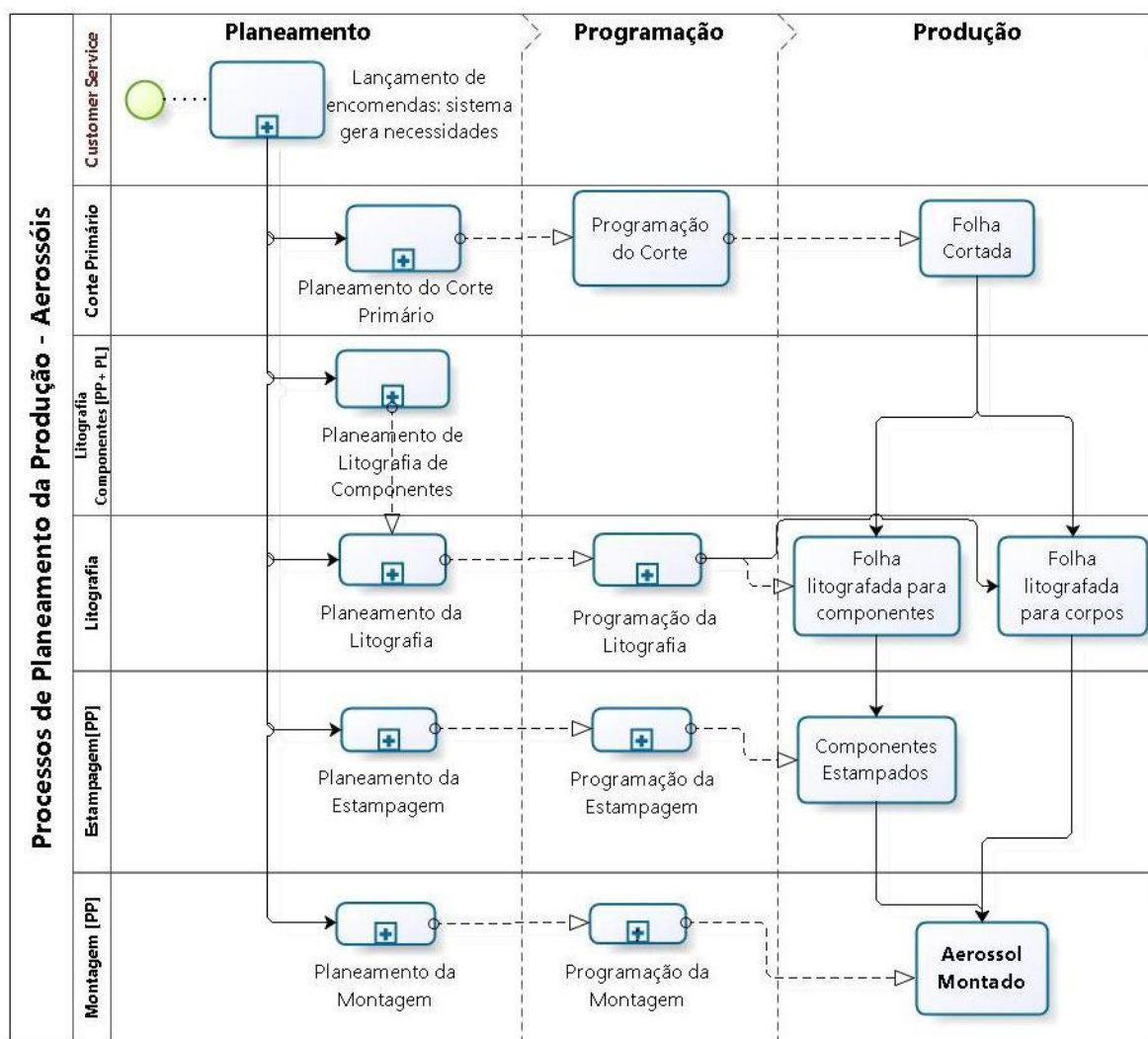


Figura 9: Macro-Processos

De modo a cumprir com estes intervalos temporais, o planeamento de cada um dos processos é efetuado à base de planos semanais. Explicitando um pouco melhor, primeiramente à terça-feira é elaborado o planeamento da litografia de folha para componentes dos aerossóis pelo mesmo planeador que faz a gestão da Montagem na fábrica da Polónia. Este plano irá ser agregado ao plano global da litografia realizado à quarta-feira, por outro planeador. Este plano global da litografia engloba as necessidades do sector dos aerossóis e do *General Line* e define tudo o que irá ser litografado na semana seguinte. À sexta-feira outro planeador, com base no plano de litografia elaborado consegue visualizar as datas que irá ter as litografias de corpos e de folha para componentes e deste modo, pode converter as necessidades de estampagem em ordens de produção com base nas quantidades que precisa. Sabendo a altura

em que terá os componentes e a folha disponíveis, pode também converter ordens de produção relativas à montagem do produto final.

Para além destes processos críticos, existe ainda outro planeador que paralelamente, com base nas necessidades de folha para litografar, verifica as necessidades de folha virgem. Com base nas quantidades de folha, calcula a quantidade de bobine de folha-de-flandres (coil) que terá de ser cortada. Após essa quantificação é efetuada a verificação se há coil disponível. Salva-se a pequena nota, que tratando-se a folha-de-flandres duma matéria-prima que representa cerca de 70% do custo do produto final, a empresa procura manter os níveis de stock de coil mínimos para cobrir as necessidades e o *lead time* do principal fornecedor.

No entanto dentro da matéria-prima coil existem várias gamas diferentes com características diferentes. Quando é verificada a existência de determinado coil para ser cortado, caso não haja a referência específica, são verificadas soluções alternativas de outros coils. Caso haja, o processo é simplificado e o planeador converte as necessidades em ordens de produção para posteriormente serem criadas as sequências de corte.

3.2.1 Planeamento da Litografia

A fase de programação é um processo crítico concretamente no processo de fabrico da Litografia, onde está localizado o maior gargalo da organização. Este processo trabalha permanentemente em laboração contínua. A sua capacidade restringe a capacidade global da cadeia devido à variabilidade da capacidade existente consoante o tipo de trabalho a realizar. A complexidade do Processo de Litografia advém de inúmeros fatores, alguns deles aqui enumerados:

- Em primeiro lugar, a Impressão torna-se uma tarefa delicada dado que exige afinação rigorosa de cores. Essa afinação conduz a setups das máquinas muito demorados, o que com uma capacidade limitada se releva crítico. Um aspeto que dificulta a programação das linhas é que o tempo de setup irá depender do tipo de trabalho realizado imediatamente antes;
- Em segundo lugar, tendo em conta os níveis de qualidade visuais exigidos, os diferentes trabalhos de impressão, com frequência, têm de passar várias vezes na mesma máquina até atingir a litografia esperada;
- Em terceiro lugar, as cadências das diferentes linhas de impressão dependem da quantidade de folhas a produzir em cada trabalho, isto é, se for preciso litografar uma quantidade pequena de folhas, a cadência pode ser menor, do que numa situação com um volume de folhas superior. Esta condicionante acresce à complexidade do processo de planeamento;
- Em quarto lugar relembra-se que o processo de litografia é constituído pelo corte primário, pela impressão e pelo corte secundário. Qualquer um destes subprocessos possui setups distintos. Começando pelo corte primário, o setup diz respeito ao tamanho folha-de-flandres a cortar; na impressão, os setups dizem respeito a mudanças de cores ou vernizes; no corte secundário, os setups relacionam-se maioritariamente com o tamanho do aerossol que será produzido. Quer isto dizer resumidamente que, atingir um fluxo linear é uma tarefa ingrata para o processo visto como um todo;
- Por último, a programação das linhas de impressão é um problema de análise combinatória complexo, pela razão que um determinado trabalho pode ser realizado por diferentes sequências entre diferentes linhas de produção. Relembrando que cada linha possui cadências distintas consoante o tipo de trabalho em questão, rapidamente se compreende a sensibilidade do processo produtivo e a dificuldade em otimizar globalmente um plano de produção semanal.

No processo de planeamento da litografia de componentes, a primeira atividade envolve retirar do sistema as necessidades. Se for a primeira semana do mês, o planeador retira as

necessidades do mês em curso, caso contrário, retira do mês em curso e do mês seguinte. Para além disso, retira também do sistema stocks livres para utilização, ou seja, é necessário verificar se os stocks existentes não estão bloqueados para ir para sucata, ou se não estão bloqueados em qualidade pela existência de alguma não-conformidade. Para reunir toda a informação, retira também do sistema as ordens de litografia em curso. Recolhida toda a informação relevante, o passo seguinte é converter as necessidades em ordens de produção. Pelo facto do processo de litografia ter falta de capacidade e pelo custo avultado de ter stock, tendo em conta a matéria-prima envolvida, na criação de ordens de produção é crítico ter em atenção as datas em que as encomendas são precisas e em que quantidades são precisas. A verificação das datas é logicamente realizada com vista à produção se realizar o mais tarde possível. Quanto mais tarde se produzir, menos tempo se terá em stock determinado produto e consequentemente, haverá maior rotação do capital envolvido. No entanto, há-que o fazer sem prejudicar de modo algum o serviço ao cliente, isto é, é crítico produzir o mais tarde possível sem nunca penalizar a data de entrega ao cliente. Por outro lado, a verificação das quantidades baseia-se na capacidade da litografia, insuficiente para as necessidades atuais. É necessário ter as quantidades concretas necessárias para alimentar a Estampagem sem falhas, de modo a não criar volumes elevados de stock e também para não provocar consumos exagerados de folha virgem, que possam impedir a produção de outras necessidades. Sendo que, por outra perspetiva, é crítico aglomerar litografias, para agrupar quantidades consideráveis e diminuir os setups, não restringindo ainda mais a capacidade do processo.

Existindo esta preocupação de otimizar o aproveitamento do processo da litografia no planeamento da litografia de folha para componentes, a criticidade deste aspeto cresce exponencialmente no processo seguinte do planeamento da restante litografia. Este cria o plano de produção agregado não só do setor dos aerossóis, como também do *General Line*, que engloba os produtos com fins industriais e alimentares, como já foi referido. Neste processo são compiladas as necessidades de litografia de folha para componentes com as necessidades de folha litografada para corpos, despoletadas pelas anteriores (cada aerossol é composto por um fundo, uma cúpula e um corpo). Portanto, neste processo são convertidas necessidades num plano de produção. As restrições envolvidas são a data da necessidade e a confrontação entre a capacidade disponível e a carga da semana. Relativamente à data da necessidade, converte-se sempre o mais tarde possível pela razão já explicitada da falta de capacidade do processo da litografia. A primeira decisão é não confirmar as necessidades com data mais distante. Para as confirmadas inicia-se um processo de verificação da carga versus capacidade. Caso a capacidade seja maior que a carga, as ordens de produção são introduzidas no plano da semana seguinte. Seguidamente os programadores da litografia validam o plano e verificam se pode ser efetivamente cumprido ou não. Caso não possa por falta de capacidade, é necessário adiar ordens criadas. Nas situações em que este adiamento provoca alteração na data final de entrega ao cliente, é necessário notificar o departamento de *Customer Service* para proceder ao estabelecimento de novos acordos de datas de entrega. A atualização desses adiamentos é realizada, numa tentativa de fazer o melhor compromisso possível. Em primeiro lugar é verificado o *status* do MRP, isto é, se há folha-de-flandres disponível, se há bloqueios de qualidade da folha ou devido ao *status* do trabalho, que pode ainda estar a aguardar aprovação do cliente. Caso não haja folha, ou haja bloqueios, procede-se aos adiamentos correspondentes. Em segundo lugar verifica-se que folha e que componentes irão para Navarra ou para a Polónia. Esses são mais urgentes, visto ser necessário considerar o tempo de transporte. Considera-se muito grave, estas fábricas pararem por falta materiais, sendo mais fácil de resolver este problema caso ocorra na fábrica de Vale de Cambra. Por esta razão do tempo de transporte é importante acautelar se há mercadorias em trânsito e em que quantidades e ainda, se há materiais bloqueados à chegada das fábricas no estrangeiro por razões de qualidade e que seja preciso enviar novas remessas.

Outra característica a verificar é se a ordem de produção é para constituir stock de segurança acordado pelo cliente, ou se é para constituir uma encomenda já colocada. Caso seja para uma encomenda já colocada, a ordem define-se como mais prioritária.

Por fim, verifica-se ainda que formatos estavam previstos para ser montados nas semanas seguintes. Existe a preocupação de agregar o planeamento de formatos quer na Estampagem, quer na Montagem, com vista a reduzir número de setups nos processos. Outro aspeto que pode ocorrer, é por exemplo, o aerossol só estar previsto ser montado duas semanas depois, o que permite um adiamento das suas litografias para a semana seguinte.

Para avaliar a performance das diferentes áreas na empresa existem três indicadores fundamentais: aderência ao plano, OEE (*overall equipment effectiveness*) e nível de serviço. Calcula-se a aderência ao plano da litografia e da montagem, OEE para todas as linhas de produção e nível de serviço ao cliente. A aderência ao plano calcula-se com base no número de ordens produzidas desse plano face ao número de ordens planeadas. O OEE, tal como a sua definição tradicional indica, traduz-se pela eficiência operacional de cada linha. O OEE é calculado pelo produto do índice de tempo operacional, com o índice de performance e com o índice de qualidade de produtos aprovados.

Por sua vez o nível de serviço ao cliente é calculado pelo número de falhas ao cliente. Explicitando um pouco melhor, sempre que, ou não se entregue na data, ou não se entregue a quantidade acordada com cliente, é considerado uma falha. O nível de serviço não é mais do que o número de encomendas satisfeitas com sucesso face ao número total de encomendas.

3.2.2 Planeamento da Estampagem e da Montagem

Importa notar que não existe aderência ao plano da Estampagem. Tal acontece porque a Estampagem funciona à base de cobertura de stocks. Existem portanto stocks de segurança e é calculada uma cobertura agregada por diâmetro, com base nas necessidades futuras da Montagem. Esta cobertura serve para averiguar como estará a situação em termos de produção de componentes estampados, se funcionará normalmente, ou se será necessário adquirir componentes pela sua falta de capacidade. É calculada outra cobertura, com base nas necessidades existentes, se a soma daquilo que existe em stock com aquilo que existe em processamento é suficiente para cobrir as mesmas necessidades.

Relativamente ao processo da Montagem, a primeira atividade é nivelar a carga da semana seguinte de modo a estabelecer o número de turnos que irão ter de estar em funcionamento. Com prévia indicação do departamento de manutenção, já se entra em consideração com o número de turnos que irão ser necessários para a mesma. Sabendo as necessidades de diâmetros a montar, entra-se também em consideração com o número médio de turnos necessários para os vários setups.

A atividade seguinte à nivelação da carga é a alocação do diâmetro à linha em que irá ser montado, por semana. Com a visibilidade das quatro semanas de necessidades, para definir as prioridades de que diâmetro montar primeiro são verificadas as datas em que é preciso expedir e se a folha litografada ou componentes estarão efetivamente disponíveis. Dum ponto de vista de otimização de setups são verificadas que quantidades se podem aglomerar em termos de formato semelhante, visto que: se se realizar um setup de altura, o tempo é relativamente baixo; já se se realizar uma mudança de diâmetro, o setup poderá demorar um turno inteiro. De modo a não haver atrasos, também é confirmado se as quantidades a produzir são para constituir stock de segurança do cliente ou se é para encomenda já colocada, isto para dar prioridade à última.

Na fase de programação da Estampagem e da Montagem, uma das restrições dos diâmetros a programar nas máquinas em cada um dos dias da semana é concretamente a data a expedir. Isto é, a data em que o camião dará entrada na zona de expedição para proceder ao

carregamento das encomendas. Neste processo, o programador retira a listagem das ordens de produção validadas pelo planeador da Estampagem e da Montagem, verifica se todos os elementos que dizem respeito à estrutura estão disponíveis, verifica as prioridades dos produtos a expedir e por fim, de acordo com estes critérios libera as ordens de produção. Com as ordens de produção liberadas, passa para a criação da sequência que vai dar entrada nas diferentes linhas. Criada a sequência, as ordens de fabrico são impressas e coladas nos respetivos sequenciadores.

3.3 Identificação de oportunidades de melhoria

Após o mapeamento efetuado, várias questões foram levantadas relativamente ao funcionamento dos processos e merecem especial atenção. Numa ordem decrescente de relevância e possibilidade de impacto são de seguida analisados três problemas encontrados, que poderão despoletar possibilidades de melhoria.

3.3.1 Complexidade envolvida no processo de planeamento da litografia de folha para componentes

A primeira questão a destacar é a elevada complexidade envolvida na gestão e planeamento da litografia de folha para componentes. Deste processo deriva a definição das quantidades de componentes de aerossóis e dos períodos em que os mesmos devem ser produzidos, impactando desta forma automaticamente os processos a jusante.

Salva-se a nota de que a complexidade envolvida no processo de planeamento da litografia como um todo foi desprezada para esta análise, pelo facto do problema já estar a ser tratado na empresa através de melhorias inseridas na programação da mesma.

Como já foi referido anteriormente, a conversão das necessidades em ordens de produção baseia-se na verificação das datas e das quantidades. A verificação das datas de quando é necessário expedir o produto para o cliente é feita numa ótica de adiar o mais possível, com o intuito de não sobrecarregar a capacidade da litografia com produções que não sejam urgentes. Por outro lado, produzir o mais tarde possível significa também manter stock num intervalo de tempo mais reduzido.

No entanto, adiar o mais possível as datas de produção pode não ser compatível com a otimização da litografia. Produzir quase em JIT para a entrega poderá implicar séries pequenas, que reduzem a eficiência, pela necessidade de realização de mais setups.

Sobre um outro ponto de vista, séries demasiado grandes também não são vantajosas, pois obrigam a existência de muita matéria-prima, folha virgem, em armazém o que é sinónimo de muito capital investido. Agregar muitas litografias de folha, significará também manter stocks tanto de folha litografada, como de componentes estampados.

Relembre-se que no processo seguinte de Estampagem, a produção de componentes é feita para stock. A decisão do planeador de produzir mais ou menos folha litografada para componentes terá impacto direto no nível de stock mantido de componentes estampados.

Outra restrição do sistema é a fábrica da Polónia. Há que assegurar que esta não pare por falta nem de folha litografada, nem de componentes estampados. Assim, é crítico no planeamento considerar o tempo de transporte e verificar concretamente que diâmetro irá ser montado na Polónia nas semanas seguintes. Como se transporta por via terrestre, é preciso manter stock que satisfaça esse tempo de transporte de uma semana.

O planeador baseia a sua decisão na observação do seu histórico de pedidos de litografia de folha dos meses anteriores. Esta atividade serve para o planeador adquirir sensibilidade das necessidades habituais e agregar litografias futuras numa tentativa de otimizar a litografia.

Este procedimento pode considerar-se um processo de tomada de decisão demasiado empírico e muito baseado na sensibilidade do planeador.

Dada a complexidade do processo, torna-se absolutamente crítico arranjar mecanismos de simplificar esta tomada de decisão e determinar as quantidades necessárias com um método mais analítico e objetivo. Determinar as quantidades ótimas de stock dos diferentes componentes e a melhor altura para os produzir revela-se preponderante para responder rapidamente às necessidades dos clientes de um modo eficiente.

3.3.2 Falta de definição de regras na tomada de decisão do Processo de Controlo de Qualidade da folha Litografada

A segunda questão a salientar relaciona-se com a dificuldade no que diz respeito à avaliação da imagem litografada, o que leva à falta de definição de critérios temporais limite para a tomada de decisão no processo de controlo de qualidade, após o processo de litografia da folha. Quando uma série de folhas saídas da impressão da litografia é recolhida para inspeção, o planeador não sabe quando terá uma decisão sobre se a folha é sucata, se será retrabalhada ou se estará operacional para continuar o seu percurso de fabrico. Muitas vezes, esta indefinição de horizontes temporais de decisão, pela urgência da encomenda, leva a que a ordem de produção seja repetida. Mais tarde, nas situações em que a folha é desbloqueada para prosseguir o processo, a produção das necessidades já foi satisfeita. As quantidades produzidas em excesso são por vezes sucata. Esta duplicação de encomendas pode originar um prejuízo avultado, pois como já foi mencionado a matéria-prima tem um custo elevado.

Esta questão levanta uma outra: “como se poderia quantificar este desperdício, no sentido de resolver o problema?”. A resposta é simplesmente que não se pode, porque não há nenhum campo no sistema de informação que permita diferenciar, dentro das quantidades sucata por excesso de produção, a razão pela qual tal excesso ocorreu.

A questão da falta de definição de regras na tomada de decisão da Qualidade provoca distúrbios também na zona de expedição, por exemplo. Uma zona que deveria ser destinada apenas a produto acabado, contém também materiais bloqueados para inspeção de qualidade, sem indicação da sua data de saída ou movimentação da zona.

3.3.3 Existência de atividades sem valor acrescentado

A terceira questão prende-se com a realização de inúmeras atividades sem valor acrescentado. Ao longo do processo é possível assinalar inúmeras atividades e ficheiros paralelos ao SAP, que apenas têm valor para quem as executa. Em vez de se utilizar o sistema SAP no máximo das suas funcionalidades, são impressos documentos, calculadas quantidades manualmente e criados inúmeros ficheiros complementares não partilhados em rede.

O tempo despendido nas atividades que não acrescentam valor deveria ser estudado com profundidade, no sentido de arranjar formas de ajudar as pessoas a melhor tirarem partido do sistema de informação e aproveitar os ganhos de tempo provenientes da sua utilização.

As práticas normalizadas deveriam ser fomentadas, dado que atividades paralelas geram ficheiros também paralelos e que se “perdem” numa organização de grande dimensão. Existe um risco elevado de determinadas funcionalidades do SAP caírem em desuso por não serem atualizadas.

Outro problema das atividades paralelas é que aumenta a “otimização” manual e estimulam a realização dos processos na base da experiência do utilizador. Para além disso, o facto de o conhecimento não ser partilhado em rede, torna os trabalhadores isolados nas suas próprias funções e aumenta o grau de dependência da empresa. Este aspeto torna-se um risco para a empresa, no caso de ausência prolongada ou saída dos colaboradores da organização.

Analizadas as três oportunidades de melhoria, considera-se a que a complexidade envolvida no processo de planeamento da litografia de componentes despoleta a necessidade de revisão do processo de planeamento de produção. Considera-se esta questão como a de maior relevância e possibilidade de impacto no curto prazo na organização. No tópico seguinte é elaborado um estudo com o objetivo de quantificar a situação atual e perceber objetivamente quais os pontos a melhorar na tomada de decisão.

3.4 Caracterização e análise da Situação Atual

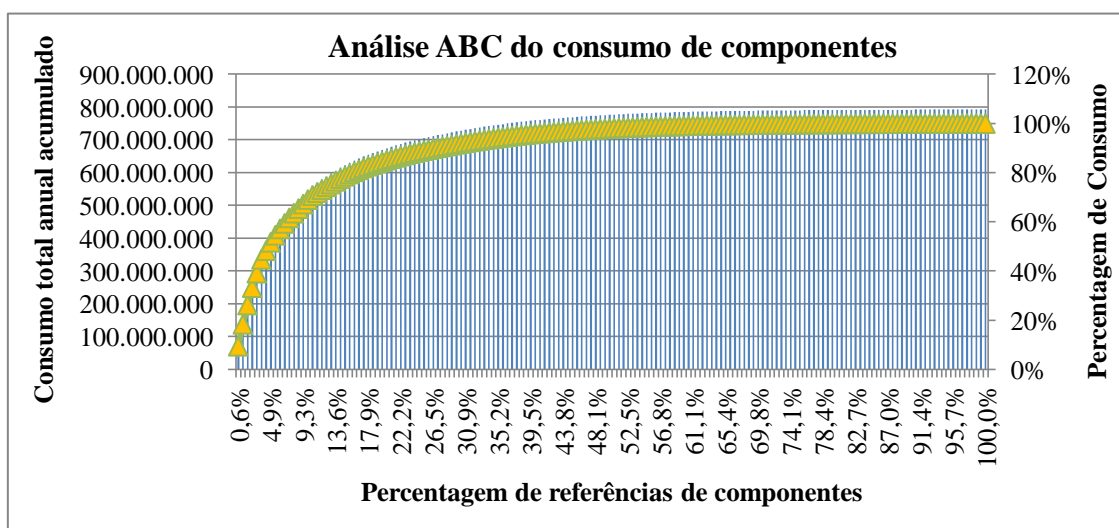
Após a definição do tópico que se pretende melhorar, o passo seguinte é quantificar a situação para servir como ponto de partida. Para conseguir reduzir a complexidade envolvida no processo de planeamento da litografia de folha para componentes é primeiramente necessário estudar quais as necessidades efetivas dos componentes no processo imediatamente a jusante, ou seja, da Estampagem. Nesse sentido procedeu-se à realização de uma análise ABC do consumo dos componentes estampados, para perceber qual a percentagem de referências com alto, médio ou baixo consumo. Consoante o consumo verificado existe maior ou menor possibilidade de simplificar o processo de decisão. Por exemplo, uma referência com baixo consumo não deverá ser produzida em quantidades excessivas, pois permanecerá em stock longos períodos de tempo. A identificação dos diferentes tipos de consumo é crítica para compreender as políticas que estão a ser usadas atualmente pela empresa para gerir os seus stocks.

Devidamente identificados os diferentes tipos de consumo dos componentes, importa analisar que stocks existem e de que tipo. Identificadas as existências dos vários tipos, está-se em posição para calcular coberturas e rotações com o objetivo de criticamente salientar referências que possam existir em excesso e naturalmente, outras que possam existir em defeito. Nos subcapítulos seguintes são esmiuçadas as conclusões provenientes destas quatro análises referidas.

3.4.1 Análise ABC dos componentes

Pela análise ABC realizada, ilustrada no Gráfico 1, é possível concluir que 80,39% dos consumos totais dos componentes dizem respeito a 16,05% das referências, o que corresponde a 26 entre 162 tipos de componentes diferentes. Os cerca de 80% de consumos anuais agregados correspondem a cerca de 637 milhões de componentes, em termos de quantidades. Na classe B, de 81% a 95% dos consumos agregados, inserem-se 21% dos componentes. Finalmente a classe C, com consumos de apenas 5%, engloba os restantes 63% das referências de componentes.

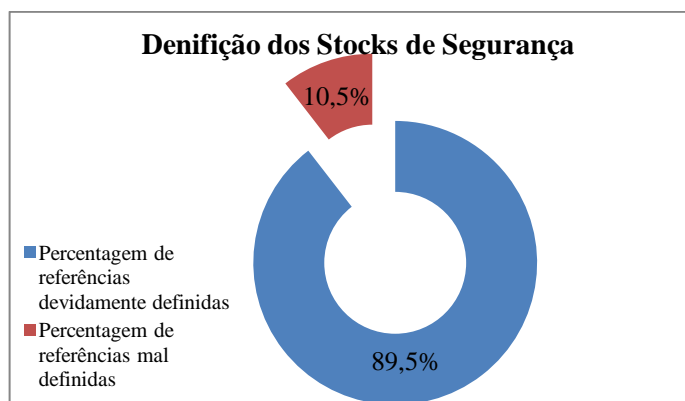
Gráfico 1: Análise ABC do consumo de componentes estampados



3.4.2 Identificação dos Stocks de Segurança

Pela análise dos stocks de segurança, identificou-se dos 29 definidos, 19 diziam respeito a componentes de tipo A de consumo, 9 a componentes de tipo B e 1 componente era de tipo C. Destaca-se a existência de 7 referências com elevado consumo que não possuem stock de segurança definido. Tendo em conta este ponto da situação, apresenta-se globalmente no Gráfico 2 as percentagens de referências mal e devidamente definidas. Quanto ao ponto de encomenda, foi possível constatar que não há indicação da altura em que as quantidades deverão começar ser repostas e a produção das mesmas deve ser iniciada. O nivelamento das quantidades não é revisto desde 2012.

Gráfico 2: Definição dos Stocks de Segurança de componentes estampados



3.4.3 Análise da Cobertura dos Stocks de Componentes Estampados

Um aspeto crítico a analisar é a cobertura de stocks, que deverá depender da variabilidade da procura do produto. Torna-se crucial compreender que referências há em excesso ou defeito, que possam estar a gerar ineficiências, quer do ponto de vista económico pelo excesso de capital investido, quer do ponto de vista do nível de serviço ao cliente. Considerou-se a cobertura como sendo:

Equação 1: Cobertura de Stock

$$\text{Cobertura de stock (em semanas)} = \frac{\text{Stock recolhido à data}}{\text{Consumo médio semanal}}$$

Primeiramente recorreu-se a uma abordagem semanal, em que foram recolhidos o total dos consumos por semana, desde Janeiro de 2015 até Março de 2016, e foi efetuada uma média do consumo semanal de componentes nas linhas de montagem. Foram também retirados do SAP, os stocks à data de 31 de Março. Por componente, foi então calculada a cobertura pela Equação 1. Este quociente indica, se à data de 31 de Março deixasse de haver produção, com base na média dos consumos semanais, quantas semanas duraria o stock existente.

No Gráfico 3 podem-se observar os resultados obtidos para a cobertura de stock de cúpulas, onde 12,79% das cúpulas possuem coberturas de 4 a 8 semanas. Por sua vez, 37,21% das cúpulas possuem coberturas superiores a 8 semanas. As restantes 50% de cúpulas têm coberturas inferiores a 1 mês de stock, onde 26,74% dessas têm 1 semana apenas, 6,98% têm cobertura de 1 a 2 semanas, 6,98% de 2 a 3 e finalmente 9,3% de 3 a 4 semanas.

No Gráfico 4 podem-se observar os resultados obtidos para a cobertura de stock de fundos, onde 19,74% dos fundos têm coberturas de 4 a 8 semanas, 34,21% têm cobertura superior a 8 semanas e 46,05% têm coberturas inferiores a 1 mês. Dessas coberturas, 22,37% dizem respeito a coberturas inferiores a 1 semana, 6,58% de 1 a 2 semanas, 5,26 % de 2 a 3 semanas e finalmente 11,84% de 3 a 4 semanas.

Gráfico 3: Cobertura de stock de Cúpulas em semanas

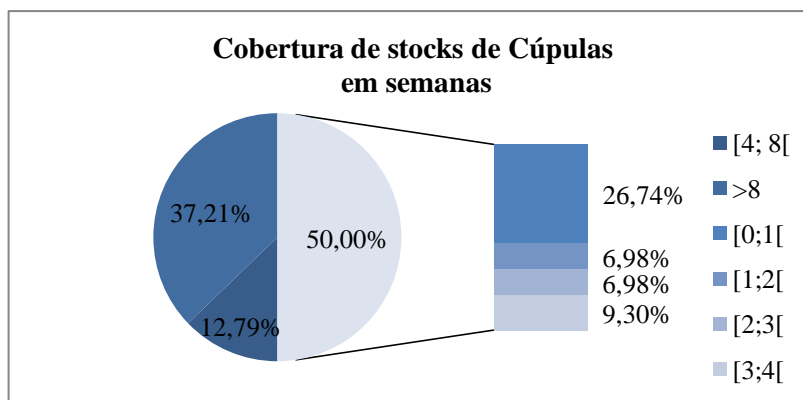
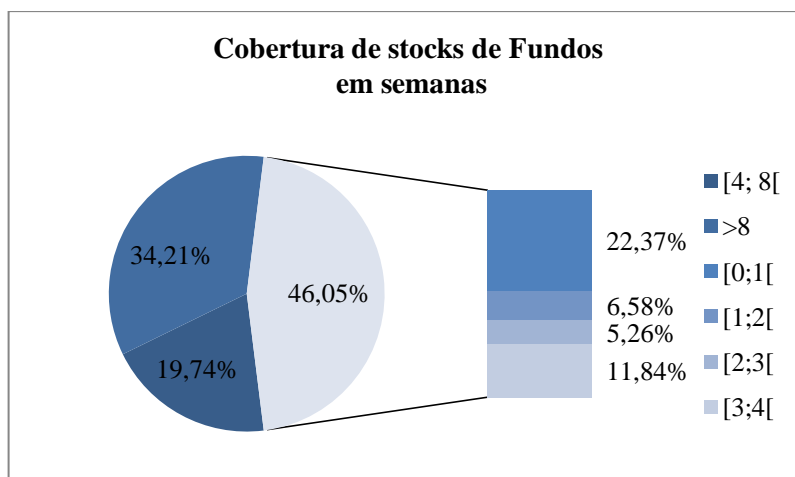


Gráfico 4: Cobertura de stocks de Fundos em semanas



Esta análise permite fazer o ponto da situação atual dos stocks. À primeira vista seria possível aferir que as coberturas superiores a quatro semanas estariam em excesso. No entanto, tratando-se dos consumos médios semanais, é necessário proceder a um estudo complementar no sentido de verificar cautelosamente se efetivamente as coberturas estão em excesso.

Para essa validação pretende-se captar mais detalhadamente as oscilações de cobertura verificadas ao longo do ano, por forma a garantir que as coberturas semanais calculadas não se trataram de picos excecionais. Para isso, foram retiradas fotografias dos stocks no final de cada mês ao longo do período de análise (desde Janeiro de 2015 a Março de 2016), que cruzados com os consumos totais verificados em cada mês, deram origem às coberturas mensais.

Através deste estudo, consegue-se ter visibilidade do ponto da situação de cada mês. Concretamente, tornam-se evidentes os meses em que há stock e não há consumo, dado que a cobertura apresenta valores elevadíssimos. Nestes casos em que o consumo não existiu o denominador foi substituído pelo valor 1 (valor muito reduzido), precisamente para se conseguir ter esta visibilidade no mapa geral. Observa-se no Gráfico 5 e no Gráfico 6 a quantidade de componentes que têm meses com coberturas de stock superiores a um mês. O destaque foi dado às coberturas superiores a um mês, pelo facto da equipa de planeamento considerar esse como o limite excessivo de stock.

Em reuniões com elementos do planeamento foram apresentadas quatro possíveis razões para a caracterização desta situação de existência de elevado stock em determinadas referências. A primeira razão prendia-se com a existência na constituição de determinados componentes duma borracha específica com curto prazo de validade, em que para não haver desperdícios da mesma esta teria de ser rapidamente gasta, implicando por isso a produção de inúmeros componentes estampados.

Gráfico 5: Números referências de fundos com coberturas de stock superiores a 1 mês

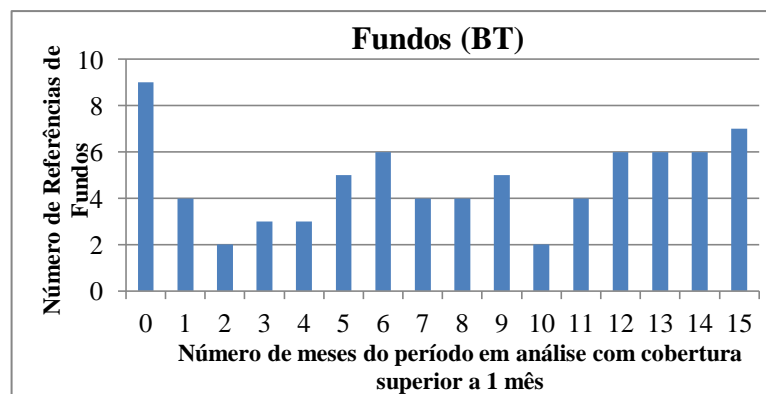
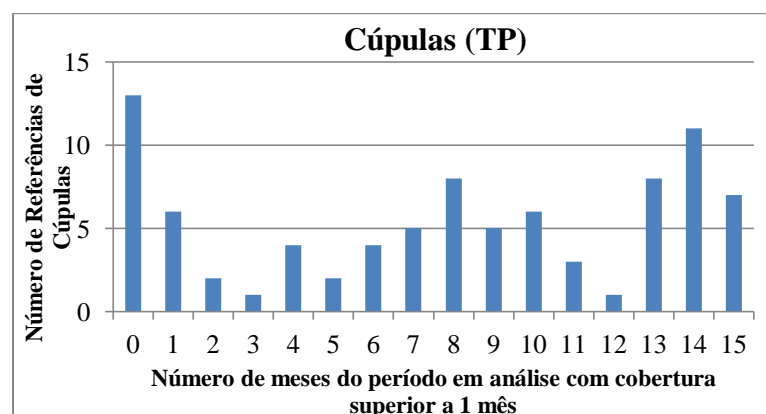


Gráfico 6: Números referências de cúpulas com coberturas de stock superiores a 1 mês



A segunda razão envolvia o facto de a estrutura do componente exigir o material PET, que para otimizar a sua produção é produzido em grandes volumes. A terceira razão remete-nos para a falta de capacidade da litografia e da necessidade de haver um número mínimo de folhas a litografar de modo a ser minimamente rentável produzir determinada série dado o seu tempo de *setup*. Por último, a quarta razão tem a ver com a restrição de enviar determinadas referências de componentes para a Polónia e logicamente serem precisas coberturas maiores para englobar o tempo de correspondente ao transporte.

A elaboração desta análise tornou evidente para as equipas de planeamento e produção da empresa que se estão a criar restrições relativas a características distintas, que do ponto de vista global, estão a restringir a capacidade do sistema. O reconhecimento das razões relativas ao PET e à borracha específica considera-se como o primeiro passo para a criação de soluções alternativas. Desta forma, na solução proposta no capítulo seguinte, estas razões foram desprezadas. Relativamente à razão dos componentes enviados para a Polónia, a solução proposta inclui essa situação. Por último, na questão da capacidade da litografia considera-se que, como a solução proposta enfatiza a produção de apenas o que é necessário, a capacidade utilizada correntemente para a produção de componentes para stock será em parte libertada.

Para além da análise de todos os motivos para a existência de stock, constatou-se a existência de várias referências que detêm coberturas elevadas e não se relacionam com nenhuma das razões acima inumeradas. Concretamente, nas cúpulas, das 86 referências, 37 tiveram stock parado alguns nos 15 meses em análise. Nos fundos, dos 76 tipos, 33 tiveram stock parado. Este stock parado não é mais do que capital empatado durante esse período. Na Tabela 2: Número de meses consecutivos com stock parado em cada tipo de componente encontram-se detalhadas essas situações das 37 cúpulas e dos 33 fundos com stock parado. Um valor de “6+5”, por exemplo, significa que houve um stock parado 6 meses consecutivos e outro parado 5 meses consecutivos.

Tabela 2: Número de meses consecutivos com stock parado em cada tipo de componente

TP: N° meses c/ Stock Parado	Rotação TP	TP: N° meses com cobertura > 1 mês	BT: N° meses c/ Stock Parado	Rotação BT	BT: N° meses com cobertura >1 mês
6+5	C	13	6	C	6
10	C	13	2	C	3
4+2+7	C	14	6+5	C	13
4+2	C	15	2+2	C	12
2+7	C	14	4+7	C	15
7+5	C	14	4+2	C	13
9+4	C	15	10	C	14
3	C	15	5+4+4	C	15
2+8	C	13	3+3	C	11
12	C	15	6	C	6
5+6	C	13	4+6	C	14
5	C	6	4	C	5
3	C	10	4+2	C	12
12	C	14	3	C	13
8	C	10	12	C	13
2+6	C	13	2	B	6
2+4	C	10	2	C	5
2+2	C	12	3+2	C	15
6	C	7	4+6	C	15
3	C	14	8	B	12
5	C	9	11	C	11
9+5	C	14	12	C	12
2	C	7	4	C	14
4+6	C	15	3	C	8
3+11	C	14	3+9	C	15
3+2	C	9	5	C	13
3+2	C	1	2	C	11
5+2	C	13	2	B	6
5+3+2	C	14	6+6	C	14
4+3	C	10	7	C	13
3+6+3	C	15	3+5+2	C	14
2+2	B	8	3+2	C	10
5+5	C	14	4	C	10
6+6	C	14			
3+5+2	C	15			
4	C	4			
2	C	8			

3.4.4 Estampagem como “*Capacity-Constrained Resource*”

De modo a estabelecer um nível adequado de inventário, há que compreender as necessidades da cadeia de abastecimento em estudo. No processo de Estampagem, a utilização dos recursos está próxima da sua capacidade, podendo-se designar de “*capacity-constrained resource*”. Quer isto dizer, que este processo deve ser cuidadosamente programado para não se tornar um *bottleneck*.

A necessidade de existência de inventário de componentes estampados deve-se sobretudo duas razões. A primeira função deste inventário é servir de pulmão entre a operação da Estampagem e da Montagem, de modo a reduzir o intervalo de dessincronização de produtividade entre processos e salvaguardando a existência de quebras. Como é ilustrado na Tabela 3, a capacidade dos dois processos não está nivelada, sendo que em várias situações a capacidade da Montagem é superior à da Estampagem.

A segunda função do inventário é garantir que face à incerteza da procura, não há escassez de componentes no *lead time* estabelecido. Importa relembrar que a capacidade limitada do processo impede a rápida resposta a variações da procura.

Tabela 3: Capacidades das linhas de produção da Estampagem e da Montagem (aplicado um fator de conversão)

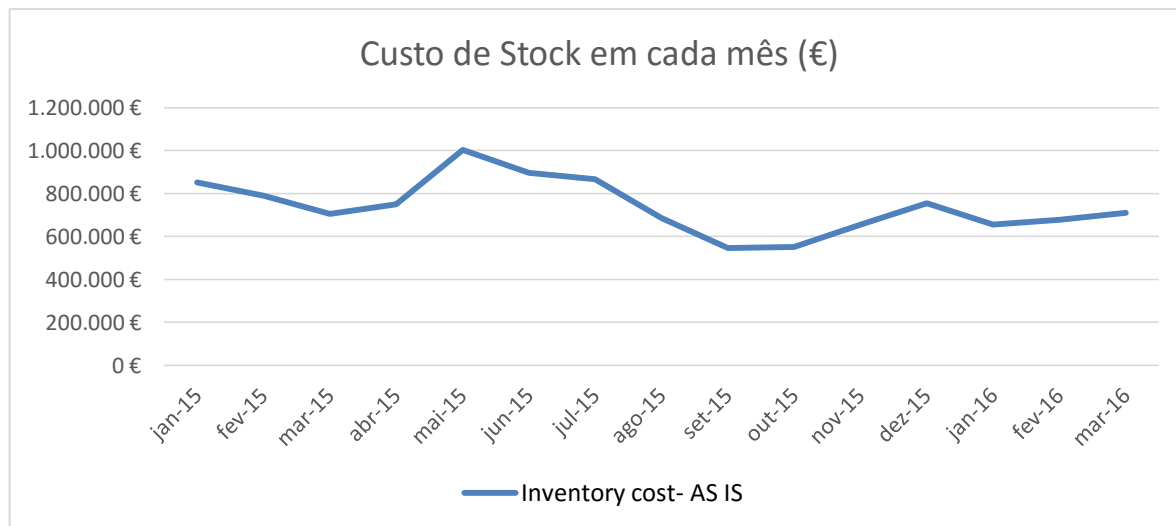
Estampagem de Cúpulas		Estampagem de Fundos		Montagem em Portugal		Montagem na Polónia	
L 31052	D45	L 31017	D45	L32012	D65	AE001	D52/D49
57.600 por turno		108.000 por turno		62.400 por turno		84.000 por turno	
L 31090	D57	L 31055	D49	L32015	D52	AE002	D57/D65
57.600 por turno		108.000 por turno		93.600 por turno		36.000 por turno	
L 31037	D49	L 31015	D52	L32016	D52	AE003	D57
96.000 por turno		120.000 por turno		57.600 por turno		84.000 por turno	
L31067	D52	L 31068	D57	L32017	D57		
114.000 por turno		108.000 por turno		43.200 por turno			
L 31062	D52	L31003	D65	L32018	D45		
114.000 por turno		120.000 por turno		49.200 por turno			
L 31039	D57	L 31069	D49/D52	L32027	D49		
30.000 por turno		108.000 por turno		78.000 por turno			
L 31038	D65			L32027	D65		
108.000 por turno				84.000 por turno			

Compreendida a necessidade da existência de inventário, importa investigar até que ponto podemos reduzir os seus níveis, simultaneamente reduzindo o capital investido e não prejudicando nível de serviço.

3.4.5 Custo associado aos atuais níveis de inventário

No período em análise, de Janeiro de 2015 a Março de 2016, com base no stock final de cada mês foi calculado o custo do mesmo. Por mês estiveram investidos em stock, em média, 740 mil euros (aplicado um fator de conversão), como pode ser observado no Gráfico 7. Para o cálculo do custo apenas foi considerado o custo dos componentes, tendo sido desprezado o custo de oportunidade desse capital investido.

Gráfico 7: Custo de inventário em cada mês (aplicado um fator de conversão)



Neste custo de inventário do Gráfico 7 está englobado o custo dos componentes comprados. Estes, por terem um custo superior levaram a uma redução da margem dos aerossóis. A compra de componentes estampados é vista de um modo negativo, pelo seu impacto na redução da margem do aerossol produzido. No entanto, pensando no funcionamento de um qualquer processo produtivo, é natural a ocorrência de situações inesperadas como é o caso de avarias de máquinas ou a falta de trabalhadores pelas mais diversas razões. Nestes casos, é perfeitamente justificável e necessária a subcontratação para fazer face às necessidades do cliente em tempo útil. A redução da quantidade de componentes comprados é que, sem dúvida, deve ser um objetivo da empresa. Contudo, é irrealista é assumir como meta deixar de os comprar de todo. O que se deve analisar meticulosamente é a razão pela qual a compra é efetuada e comprar aquilo que for o mais vantajoso para a organização. Não devendo nunca ser o planeamento não atempado uma razão plausível para essa compra.

Pela análise da situação atual torna-se evidente a necessidade de estruturar o processo de decisão e criar uma ferramenta que auxilie o planeador na elaboração dos planos semanais e no acompanhamento permanente dos consumos de componentes. A solução proposta terá de passar pelo nivelamento das quantidades de inventário e pela definição dos momentos ótimos para a conversão das ordens de produção.

Pressupõe-se que se deva criar classes distintas onde se possa agrupar componentes em cada uma delas, consoante o seu padrão e nível de consumo e, para além disso, criar alertas de mudança do comportamento individual de cada referência. Explicitando um pouco melhor, as regras para a tomada de decisão deverão ser estipuladas por intervalos de referência que, havendo variação do comportamento dos consumos para fora deles, o planeador compreenda que deva movimentar o componente para outra classe com definições distintas. Em suma, a melhoria terá de passar pelo estabelecimento de critérios objetivos de apoio à decisão que poderão guiar o planeador e reduzir a ambiguidade do seu planeamento.

No próximo capítulo será realizado um estudo dos níveis de inventário, de modo a arranjar mecanismos de nivelamento das coberturas existentes. Se o objetivo da empresa se prender com o de reduzir ao máximo o nível de inventário, é crítico compreender até que patamar o poderá fazer, sem nunca comprometer a alimentação do processo seguinte na cadeia e, assim, nunca comprometer o nível de serviço ao cliente final. A abordagem de resolução proposta no capítulo seguinte caracteriza-se por ser um método simples de ser implementado no contexto prático da organização. Propõe-se a existência de algum stock de segurança para fazer face à incerteza na procura. No entanto, esse stock de segurança apenas deverá existir para referências onde a volatilidade da procura seja reduzida ou moderada. Caso contrário, poderá fazer sentido adotar uma política MTO.

4 Nova abordagem ao planeamento da produção

O problema encontrado centra-se na necessidade de rever o processo de planeamento da produção, de modo a reduzir a complexidade envolvida. A solução passa por criar uma ferramenta que auxilie a tomada de decisão no planeamento da folha litografada para componentes. Esta terá de simplificar a definição de quantidades a produzir e melhores horizontes temporais para realizar essa mesma produção. Salva-se a nota de que esta abordagem de resolução pressupõe que as restrições indicadas pela equipa de planeamento, explicitadas no capítulo 3.4.3, são tratadas como indicado.

Como já foi referido anteriormente, com o intuito de captar as reais necessidades de folha litografada para componentes em termos de quantidades, é imprescindível compreender as necessidades do cliente no processo, a Estampagem, processo seguinte na cadeia de abastecimento. As etapas envolvidas na estruturação da nova abordagem são as seguintes:

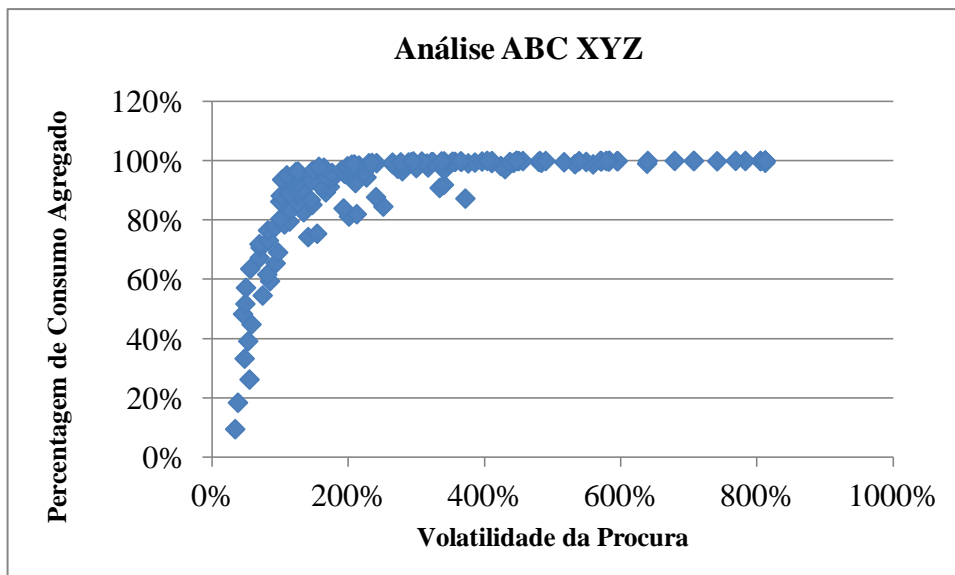
- A primeira etapa para a resolução do problema passa por classificar os diversos componentes em diferentes classes consoante as suas características;
- A segunda etapa passa por definir as regras de tratamento específicas para cada uma das diferentes classes, para que o planeador saiba concretamente como deve proceder em cada caso;
- A terceira etapa consiste no cálculo dos níveis de stock, quantidades económicas e pontos de encomenda de acordo com as regras definidas para cada classe;
- A quarta etapa envolve a verificação da capacidade da Estampagem de produzir de acordo com os requisitos definidos para as diferentes referências;
- Por último é de extrema relevância calcular o custo da solução proposta face à metodologia existente.

4.1 Divisão por classes de componentes

Em resposta às duas primeiras etapas acima descritas surge a análise ABC/XYZ ilustrada no Gráfico 8. Esta abordagem representa no eixo das ordenadas o consumo total agregado numa típica análise ABC, onde os componentes estão ordenados por ordem decrescente de consumo e um componente A tem consumos totais agregados inferiores a 80%, um B detém os consumos agregados de 80 a 95% e um C entre 95% e 100%.

No eixo das abcissas por sua vez, encontra-se a volatilidade da procura. Esta última é obtida dividindo o desvio padrão dos consumos pela média dos consumos e não é mais do que o padrão ou comportamento dos mesmos. Assumiu-se que para uma volatilidade inferior a 300%, o padrão dos consumos é constante ou sofre poucas oscilações, designando-se os componentes por “X”. Com uma volatilidade entre 300% e 500%, atribuiu-se a designação ao componente de “Y”, sofrendo os padrões fortes flutuações ao longo do tempo. Por último, para volatilidades superiores a 500%, os componentes designaram-se de “Z”, apresentando padrões irregulares ou aleatórios.

Gráfico 8: Análise ABC XYZ



A divisão por classes de componentes proposta centra-se precisamente nesta análise, com uma pequena adaptação. Propõe-se que exista a classe I englobando os componentes AX e outra classe II para o resto das referências.

Para a classe I aconselha-se a existência de stocks de segurança e monitorização permanente das previsões de consumo. Para os componentes da classe II sugere-se a produção apenas e exclusivamente por surgimento de necessidade despoletada por encomenda de cliente (*make to order*).

Excluem-se da primeira classe os BX e CX, por terem consumos mais reduzidos. Assim como também se excluem os Y e Z, pela elevada volatilidade. A única exceção que a estas regras definidas de existência de stocks de segurança diz respeito aos componentes que têm como destino a fábrica da Polónia. Para estes estabelece-se que as coberturas de stock deverão ser de quatro semanas, no sentido de precaver eventuais atrasos no transporte, ou bloqueios de qualidade à chegada.

4.2 Cálculo dos Stocks de Segurança

A realidade da empresa envolve uma procura de natureza estocástica, isto é, com incerteza associada. Apesar do foco deste trabalho serem os componentes estampados para aerossóis, está em causa um modelo de grande dimensão com elevado número de referências. Um ponto facilitador é que estes não se enquadram na gama dos perecíveis.

Para a metodologia de cálculo tradicional optou-se por um modelo de revisão contínua com recurso a stock de segurança por duas razões. A primeira prende-se com o facto de a empresa ter capacidade de processamento de informação em tempo real, devido à utilização do sistema SAP. A segunda razão envolve a característica de este modelo diminuir o período entre duas encomendas consecutivas, o que por consequência permite níveis de stock inferiores.

Com o objetivo de ganhar sensibilidade e tentar afinar a ordem de grandeza apropriada para o nivelamento dos stocks de segurança, foram efetuados cálculos segundo três abordagens diferentes. Estas abordagens, explicitadas em detalhe nos subcapítulos seguintes, permitiram estabelecer um intervalo de valores em que o nível de stock para cada um dos componentes deverá estar localizado. Importa referir que estes valores foram apenas utilizados como referência, sendo que os níveis finais de inventário de segurança foram obtidos pela abordagem teórica definida na literatura.

Logicamente, foi concretamente a partir do valor intermédio teórico que foi calculado o respetivo ponto de encomenda. A quantidade económica de encomenda foi também calculada com recurso às fórmulas tradicionais.

Com o intuito de validar os níveis de inventário estabelecidos pela abordagem teórica foi modelada uma simulação, apresentada no capítulo seguinte, onde se introduziu a variabilidade do sistema real.

4.2.1 Abordagem das necessidades líquidas

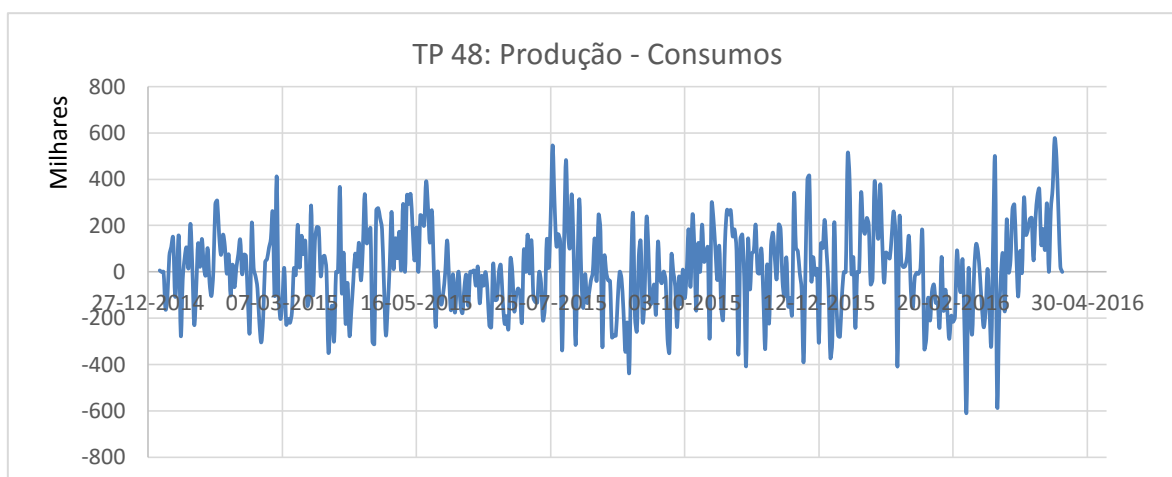
Tendo por base que o inventário se calcula como representado na Equação 2, a abordagem das necessidades líquidas consiste em tentar captar quais são as oscilações entre a produção e o consumo.

Equação 2: Cálculo do Inventário

$$\text{Inventário} = \text{Stock existente} + \text{Produção} - \text{Consumo}$$

No Gráfico 9 está representada a variação diária da diferença entre a produção e o consumo das cúpulas 48, como exemplo, as restantes variações encontram-se no Anexo E. Essas necessidades líquidas foram convertidas em semanas e foram registados os máximos absolutos representados na Tabela 4. Admite-se que estes máximos correspondem ao valor de stock de segurança de uma forma agregada por diâmetro. Para cada componente, registados estes valores máximos, resta proceder à desagregação dos mesmos para alcançar números relativos ao stock de segurança individual de cada referência. Importa referir que este estudo foi realizado numa perspectiva agregada por diâmetro, visto não existirem registos da produção diária de cada referência específica. Na presença de registos por referência, este valor seria muito próximo do adequado.

Gráfico 9: Evolução das necessidades líquidas ao longo do ano em análise das cúpulas de diâmetro 48



A desagregação do valor de stock de segurança para cada diâmetro nas referências específicas a si referentes, foi efetuada com base no histórico de consumos e encontra-se demonstrada na Tabela 5. Salva-se a nota de que esta metodologia de desagregação foi também utilizada na abordagem agregada do subcapítulo seguinte.

Tabela 4: Stock de Segurança agregado do diâmetro 52 (aplicado um fator de conversão)

Diâmetro	SS_TP	SS_BT
AE	48	50
52	1.775.308	1.813.692

Tabela 5: Stock de segurança desagregado (aplicado um fator de conversão)

Componente	Tipo	Quantidade total consumida anual [mil]	% consumo no diâmetro em questão	Stock de Segurança
U	AX	84.935,52	48,04%	871.372,61
V	AX	18.126,66	10,25%	185.965,50
T	AX	17.792,93	10,06%	182.541,60
R	AX	11.477,48	6,49%	117.750,10
S	AX	11.385,53	6,44%	116.806,76
G	AX	90.007,86	51,23%	909.427,57
H	AX	24.688,87	14,05%	249.453,16
F	AX	17.324,71	9,86%	175.046,62
E	AX	10.634,93	6,05%	107.453,93
D	AX	10.624,58	6,05%	107.349,38

4.2.2 Abordagem com base na capacidade máxima da Montagem

Estabelecido um primeiro limite razoável de stock de segurança, importa delimitar uma referência para o máximo. Nesse sentido, foi pensada uma metodologia para tentar representar o pior cenário possível em termos de consumo de componentes. Para tal, foi verificado para cada diâmetro, qual a quantidade total de componentes necessária na situação de todas as linhas de montagem possíveis estarem a trabalhar no mesmo diâmetro. Nesta análise, de modo a assegurar o intervalo superior despreza-se a realidade de uma determinada linha de montagem só poder na verdade estar a produzir um diâmetro de cada vez. Este cenário pessimista é sobrestimado por esta mesma razão. Na realidade, o máximo de necessidade nunca atingirá estes valores por esta limitação.

Assume-se que para um horizonte temporal de duas semanas não poderá haver falhas para um consumo máximo da montagem. Desta forma, o nível de stock de segurança que é preciso garantir no início do período é igual à capacidade da montagem semanal mais um fator multiplicativo relativo ao número de semanas de avanço de produção que a estampagem tem de garantir, a multiplicar pela capacidade de produção semanal da estampagem. A expressão utilizada encontra-se na Equação 3. Os resultados obtidos estão ilustrados na Tabela 6.

Equação 3: Expressão de Cálculo dos stocks de segurança pela abordagem agregada

$$\text{Stock Segurança} = \text{Capacidade da Montagem} + \text{Fator Multiplicativo} \times \text{Capacidade da Estampagem}$$

Tabela 6: Stocks de segurança pela abordagem agregada (aplicado um fator de conversão)

Diâmetro AE		Capacidade Montagem [mil]	Capacidade Estampagem [mil]	Fator Multiplicativo	Stock [mil]	Stock Segurança [mil]
65	TP	2.736	1.620	2	3.240	5.976
	BT		1.800	2	3.600	3.600
52	TP	3.528	3.420	2	6.840	10.368
	BT		3.420	2	6.840	6.840
57	TP	2.448	1.314	2	2.628	5.076
	BT		1.620	2	3.240	3.240
45	TP	738	864	1	864	1602
	BT		1.620	1	1.620	1.620
49	TP	2.430	1.440	2	2.880	5.310
	BT		1.620	2	3.240	3.240

4.2.3 Abordagem teórica

Segundo a abordagem teórica, foi calculado o inventário de segurança, o ponto de encomenda e a quantidade económica de encomenda, com recurso à Equação 4, Equação 5 e Equação 6 respetivamente.

Equação 4: Inventário de Segurança

$$\text{Inventário de Segurança} = FNS \times \sqrt{LT} \times DD$$

Equação 5: Ponto de encomenda

$$\text{Ponto de encomenda} = D \times LT + \text{Inventário de Segurança}$$

Equação 6: Quantidade económica de encomenda

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times d \times CPE}{C \times I}}$$

Para a Equação 4, FNS representa o fator de serviço associado ao nível de serviço pretendido, que sendo neste caso de 95%, associa-se a um fator de 1,64, utilizando a distribuição normal. Tal significa que para um nível de serviço de 95%, a probabilidade ou risco de rutura é de 5%.

A sigla LT representa o *lead time* da entrega constante, DD o desvio padrão da procura e D a procura média por unidade de tempo. A unidade temporal utilizada foi a semana. Portanto, D representa o consumo médio semanal e DD o desvio padrão do consumo médio semanal.

Como *lead time* da entrega dos componentes estampados foi atribuído o valor de uma semana. Lembra-se que o planeamento da produção na empresa é realizado com base no *lead time* de três semanas prometido ao cliente final. Assim, se a empresa tiver de expedir para o cliente a encomenda na semana $n+3$, os aerossóis serão montados na semana $n+3$, os componentes estampados serão produzidos na semana $n+2$ e a litografia, tanto da folha para o corpo do aerossol como da folha para componentes, será realizada na semana $n+1$.

O cálculo associado à quantidade económica de encomenda (Q), ilustrada na Equação 6, foi efetuado com base na aproximação ao modelo determinístico, com rutura não permitida.

Na Equação 6 CPE diz respeito ao custo de aprovisionamento ou de passagem de uma encomenda, C ao custo unitário do artigo e I a taxa associada à posse de inventário. Para a taxa associada à posse de inventário utilizou-se o valor do custo médio ponderado de capital de 7%, que representa o custo do capital da empresa.

Relativamente ao custo de aprovisionamento, este simboliza o custo de colocar uma encomenda ao fornecedor. Porém, no presente contexto, o fornecedor não é mais do que o processo anterior de Estampagem. Não existindo nenhum valor definido pela empresa, é relevante tentar compreender qual é na verdade o constrangimento para o processo de Estampagem de receber uma nova encomenda. Numa situação usual, esse custo de produzir uma nova encomenda poderia ser associado ao custo de realizar um novo *setup* para produzir a referência em causa.

No entanto, analisando detalhadamente a complexidade da cadeia de abastecimento da empresa em questão, tal não parece fazer sentido. Na verdade, o processo de Estampagem é constituído por linhas de produção de cúpulas e linhas de produção de fundos, todas elas dedicadas por diâmetro. A mudança na programação de uma referência para outra no mesmo diâmetro implica apenas algumas afinações na prensa. Caso se fosse estimar esse custo, este daria um valor muito reduzido, que estaria condizente com uma realidade de produção de pequenas encomendas realizadas muitas vezes. Localmente seria a situação ideal, mas o que aconteceria era que a litografia por sua vez, seria também obrigada a litografar quantidades pequenas, muitas vezes. Tal decisão limitaria ainda mais a capacidade reduzida do processo. Olhando para a fotografia global, o custo de aprovisionar uma série de componentes estampados é o custo correspondente a litografar uma nova série de folha para componentes, visto não existir constrangimento no processo de Estampagem. Assim sendo, voltando a atenção para o processo de litografia com a sua capacidade, parece intuitivo admitir que o custo de uma nova encomenda é o custo de um novo *setup*, o que volta a ser um obstáculo tendo em conta que esse valor também não se encontra definido na empresa. De uma forma resumida, o problema passa por definir o tempo de *setup* no processo de litografia. Esta dificuldade prende-se pela questão de o tempo de *setup* estar dependente do tipo de trabalho realizado imediatamente antes (*setup* depende da sequência), isto é, se por exemplo o trabalho anterior tiver na sua composição vernizes semelhantes, o *setup* já terá um tempo mais reduzido. Outro detalhe relevante a considerar é que a cadência de uma linha neste processo é variável, a cadência é tanto maior quanto maior o lote de folhas a litografar. Logo aqui se compreende que dada a capacidade do processo, as séries a produzir deverão ser preferencialmente grandes.

Posto o problema, optou-se por aproximar o custo de aprovisionamento pelo custo de uma hora parada do processo de litografia, numa tentativa de quantificar o tempo de *setup* sob uma perspetiva conservadora. Considerando as linhas de envernizamento onde a litografia de folha para componentes é realizada, retirou-se o custo de hora parada relativo à linha de envernizamento mais cara.

Os resultados da abordagem teórica encontram-se representados na Tabela 7. Os valores obtidos para os componentes que têm como destino a fábrica da Polónia, mas que não se incluem na classe A de elevado consumo, são apresentados no Anexo F.

Tabela 7: Valores obtidos através da abordagem teórica (aplicado um fator de conversão)

Componente	Inventário de Segurança	Ponto de Encomenda	Quantidade económica de Encomenda
A	236.364,46	409.358,64	928.132,50
B	450.342,66	773.452,08	1.275.124,58
C	1.012.184,75	2.137.029,08	2.190.935,65
D	216.470,26	377.448,77	758.376,96
E	407.546,99	568.682,28	796.434,84
F	416.825,98	679.321,61	861.825,56
G	756.448,01	2.120.135,40	2.414.964,46
H	304.680,76	678.754,62	1.250.417,33
I	375.029,74	879.181,82	1.076.806,67
J	252.138,80	387.369,60	537.396,10
K	205.299,05	330.413,47	557.695,97
L	736.134,98	1.583.450,71	1.502.382,25
M	268.138,36	498.154,68	770.782,76
N	238.077,49	395.368,60	1.067.976,90
O	395.021,04	888.713,36	1.973.066,11
P	771.628,56	1.585.633,66	2.196.856,42
Q	426.668,38	748.146,12	1.365.525,56
R	198.150,31	372.051,58	949.221,73
S	399.088,16	571.596,25	989.931,12
T	412.522,36	682.112,08	1.032.635,04
U	799.177,67	2.086.079,42	2.768.490,20
V	251.699,56	526.345,93	1.251.756,50
X	496.877,96	905.207,47	1.529.735,42
Z	239.938,75	377.517,47	673.500,66
AA	795.643,25	1.812.404,69	1.981.916,45
AB	302.617,75	566.774,29	990.588,96

Por sua vez, a comparação dos valores obtidos para o inventário de segurança segundo as diferentes abordagens, encontra-se representada na Tabela 8.

Tabela 8: Comparação dos níveis de Stock de Segurança relativos às três abordagens (aplicado um fator de conversão)

Componente	SS-Abordagem necessidades líquidas	SS-Abordagem teórica	SS-Abordagem agregada
A	158.239,50	236.364,46	340.887,56
B	295.551,40	450.342,66	636.691,82
C	1.542.509,66	1.012.184,75	5.020.060,27
D	107.349,38	216.470,26	626.931,49
E	107.453,93	407.546,99	627.543,28
F	175.046,62	416.825,98	1.022.292,34
G	909.427,57	756.448,01	5.311.161,34
H	249.453,16	304.680,76	1.456.835,02
I	787.623,70	375.029,74	2.542.377,36
J	211.267,56	252.138,80	681.952,39
K	110.352,08	205.299,05	530.960,46
L	747.260,29	736.134,98	3.595.452,35
M	202.876,55	268.138,36	976.143,10
N	152.016,95	238.077,49	454.294,69
O	477.138,22	395.021,04	1.425.902,60
P	1.163.181,68	771.628,56	3.936.076,00
Q	459.379,22	426.668,38	1.554.487,62
R	117.750,10	198.150,31	673.120,34
S	116.806,76	399.088,16	667.727,76
T	182.541,60	412.522,36	1.043.502,04
U	871.372,61	799.177,67	4.981.215,79
V	185.965,50	251.699,56	1.063.074,84
X	441.067,42	496.877,96	2.272.945,22
Z	148.609,12	239.938,75	765.824,81
AA	866.106,77	795.643,25	4.167.283,66
AB	225.016,18	302.617,75	1.082.668,18

A razão da discrepância entre a abordagem das necessidades líquidas e a teórica atribui-se ao facto de os dados de produção utilizados no cálculo das necessidades líquidas serem agregados. A desagregação dos dados por diâmetro para referência específica foi realizada com base na percentagem de consumos, o que poderá ter sido uma aproximação forçada devido a eventuais picos de consumo.

4.3 Capacidade da Estampagem para produzir referências B e C “to order”

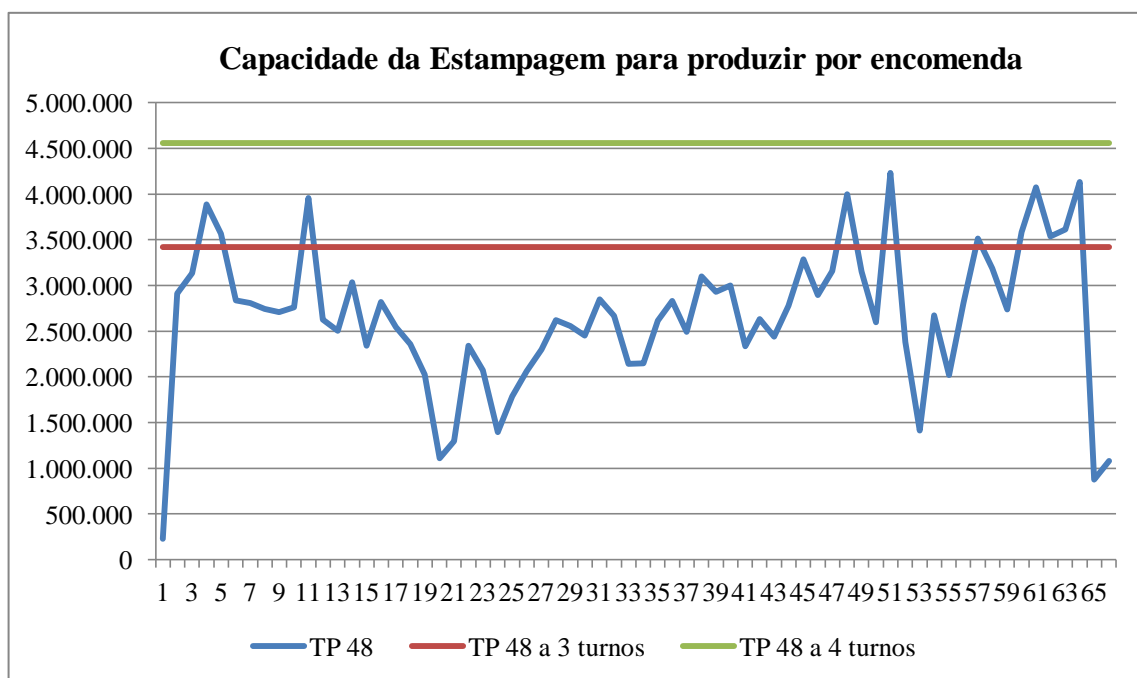
Tendo por base a proposta à empresa, de esta apenas manter inventário de segurança para os componentes estampados da classe AX e para os componentes que vão ser montados na fábrica da Polónia, um aspeto preponderante é validação da sua exequibilidade.

Essa validação consiste em analisar a capacidade do processo de Estampagem para produzir por encomenda. Para tal, procedeu-se a um estudo das quantidades totais consumidas por diâmetro em cada semana do período em análise. No Gráfico 10 pode-se observar um exemplo dessa análise para as cúpulas 48, as restantes análises encontram-se no Anexo G. De notar que estas quantidades históricas consideradas englobam todas as referências de componentes, incluindo aquelas que deveriam pertencer à classe AX.

A principal conclusão que se pode retirar da análise dos gráficos construídos, é que em teoria a Estampagem tem capacidade para produzir as referências B e C por encomenda. Com base nos dados históricos, verifica-se que para determinados diâmetros, o consumo poderia ser satisfeito com 3 turnos em funcionamento e para outros, com 4 turnos. Em algumas referências podem observar-se picos de consumo superiores à capacidade de produção a 4 turnos. No entanto, tendo por base o *lead time* de entrega ao cliente de 3 a 4 semanas, o planeamento tem margem para ser ajustado e a produção dessas quantidades pode ser distribuída pelas duas semanas anteriores, tornando os picos inferiores à capacidade total. Deste modo, mantendo nivelados os inventários de segurança para os componentes de elevado consumo, esses picos de consumo superiores à capacidade a 4 turnos serão excecionais.

Não se aconselha este tipo de abordagem também para a classe AX pelo risco envolvido. Não pode ficar esquecido o facto de as máquinas presentes nas linhas de Estampagem estarem sujeitas a avarias e à produção de componentes defeituosos.

Gráfico 10: Quantidade total consumida por semana das cúpulas 48 (aplicado um fator de conversão)



4.4 Comparação da situação atual e a proposta

Após a definição do cenário ideal no domínio das quantidades de inventário, interessa compará-lo com a situação atual de modo a compreender o impacto que possa ter na organização. O impacto foi retratado através de dois indicadores, a cobertura de stocks e o custo de inventário.

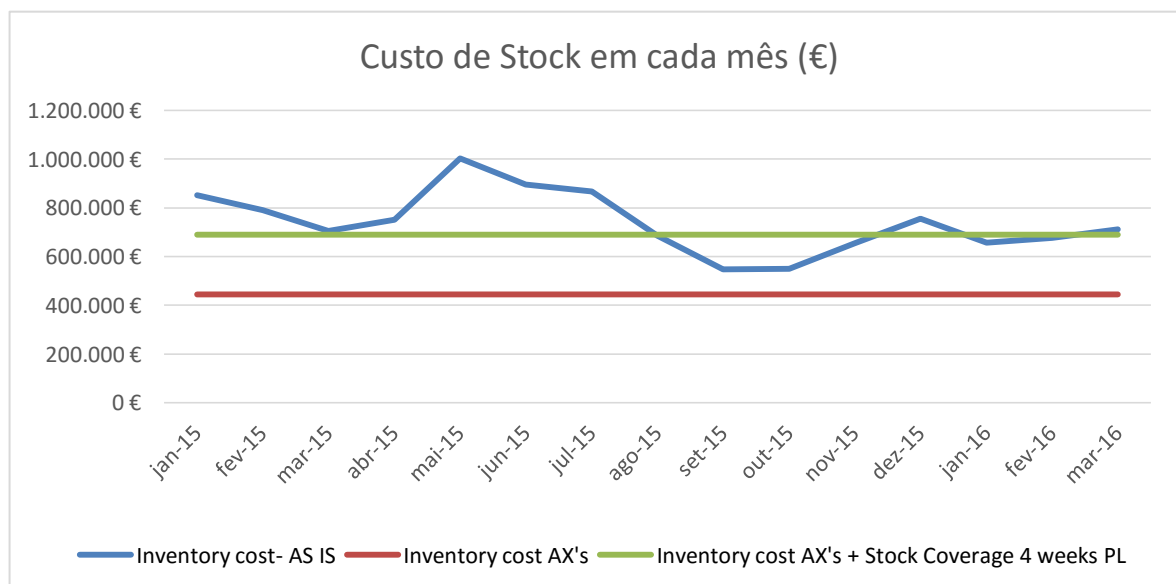
Na Tabela 9 pode-se observar que com a proposta efetuada as coberturas de stock em semanas, quer dos fundos, quer das cúpulas iriam reduzir significativamente. Por consequência dessa redução das coberturas, no

Gráfico 11 pode-se observar a redução do custo médio de inventário mensal. Partindo do cenário atual, a nova proposta de manter stock apenas para a classe AX e para os componentes que têm como destino a fábrica da Polónia, representa um decréscimo no custo de cerca de 7%. Neste cálculo foi desprezado o custo de oportunidade do capital investido e entra naturalmente em conta com o facto do stock médio ser igual ao inventário de segurança adicionado de metade da quantidade económica de encomenda.

Tabela 9: Comparação de Coberturas de Stock entre a situação atual e a proposta

(em semanas de stock)		Cobertura de Fundos	Cobertura de Cúpulas
Situação Atual	Média	21,12	56,02
	Desvio Padrão	51,84	268,38
Solução Proposta	Média	1,06	0,85
	Desvio Padrão	1,68	1,53

Gráfico 11: Comparação do custo de inventário da situação atual face à proposta (aplicado um fator de conversão)



5 Validação da Solução Proposta

5.1 Construção do Modelo de Simulação

Definida a proposta de solução para o problema encontrado, a etapa seguinte prende-se com a validação dessa mesma solução. Foi proposto no capítulo anterior que se deveria manter inventário única e exclusivamente para os componentes da classe AX, sendo que para os restantes foi sugerido serem produzidos apenas por encomenda. Os cálculos apresentados para justificação deste cenário foram elaborados com aproximação à distribuição normal, o que poderá representar um erro significativo. Assim sendo, faz todo o sentido estudar se, introduzindo a variabilidade do sistema, os nivelamentos de inventário calculados produzem falhas de serviço ou não.

Este estudo foi efetuado pela realização de uma simulação, construída no *software* Arena. A construção da simulação passou pelas etapas representadas na Figura 10.

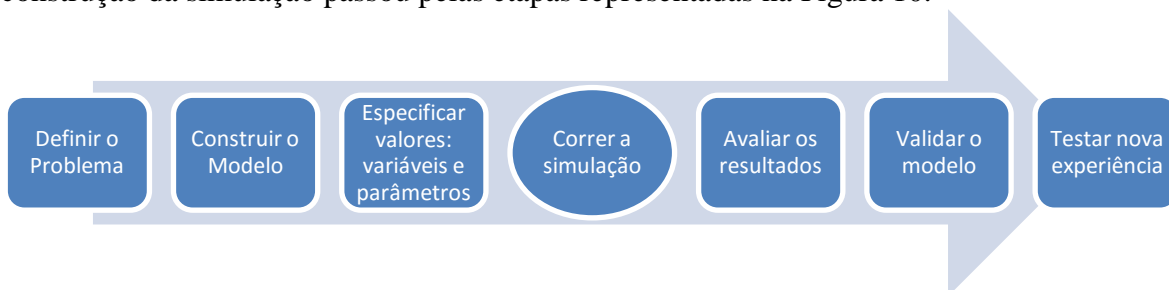


Figura 10: Fases dum estudo de simulação

Definição do Problema:

O objetivo passa por compreender se o nivelamento de inventário é adequado para o sistema real. Com base nos consumos históricos diários, quer-se perceber se o sistema real consegue responder num intervalo de tempo adequado, ou se produz falhas de serviço, tanto para os componentes abastecidos por stock, como para os abastecidos por encomenda.

Os consumos de componentes são acontecimentos dependentes dado que se a montagem está a produzir um determinado diâmetro, logicamente que necessitará de componentes desse diâmetro e não de outro formato que também consegue produzir. Por outro lado, muitas referências dizem respeito a produtos concorrenciais no mercado, o que poderá implicar correlação entre os consumos. Pelo fato de um componente poder servir a diferentes produtos finais distintos, a análise de correlação não foi possível. Desta forma, considerou-se mais representativo da realidade, em vez de gerar entidades no sistema com base numa distribuição estatística aleatória, utilizar os dados históricos do consumo. Assume-se assim que se a modelação produzir bons resultados com os dados de consumos históricos, será possível concluir que os níveis serão adequados, enquanto os componentes se mantiverem na mesma classe. Portanto as variáveis controláveis são o nível de stock inicial, o ponto de encomenda, quantidade económica, para cada uma das referências de componentes geridas à base de stock. As variáveis não controláveis são o consumo diário de componentes, a variação do inventário e as falhas de serviço.

Construção do modelo:**a. Especificação das variáveis e parâmetros:**

Os parâmetros introduzidos no sistema da quantidade económica de encomenda, do ponto de encomenda e inventário inicial foram os especificados no capítulo anterior. Por sua vez, para o tempo de processamento no recurso foram verificadas as capacidades reais em cada turno e em cada linha. Com o número de componentes real produzido em cada turno, retirou-se o tempo necessário para produzir uma unidade, em cada uma das diferentes linhas de produção. Quanto a variáveis, o tempo no sistema, isto é, o tempo total desde a colocação da encomenda até as unidades estarem produzidas foi contabilizado. Como falhas de serviço, consideraram-se dois tipos diferentes. Uma falha de serviço de stock foi contada por cada vez que uma encomenda não pôde ser satisfeita através do stock existente, isto para os componentes satisfeitos à base de stock. Uma falha de serviço de produção foi adicionada por cada vez que uma encomenda demorou mais de uma semana a ser produzida.

b. Especificação das regras de decisão:

As regras de decisão não são mais do que um conjunto de condições que irão modelar o comportamento da simulação. Com o intuito de facilitar a compreensão, apresenta-se o esquema da Figura 11, com uma simplificação do modelo de simulação construído.

Através dos módulos Create 1 e 2 darão entrada no sistema entidades de 24 em 24 horas. O módulo Create 1 estará associado a uma referência de componente que funcionará à base de stock de segurança e o módulo Create 2 estará relacionado com uma referência de componente que irá ser produzida apenas por encomenda. Encontram-se representados na figura apenas dois módulos Create para servirem com exemplo, pois na verdade, no modelo terá de existir um para cada referência distinta.

Os módulos ReadWrite processam a leitura dos consumos diretamente das folhas de excel e gravam cada quantidade de consumo lido como um atributo. Nos módulos Assign 1 e 2 são associados esses atributos, os quais gravam a quantidade de componentes, à sua respetiva entidade. Cada entidade poderá ser vista como uma encomenda e o seu atributo é a quantidade de componentes necessários na respetiva encomenda. A seguir aos módulos Assign 1 e 2, os diferentes tipos de componentes irão ser tratados de modo distinto. Começando pelos componentes feitos por encomenda, vindos do Create 2, estes são imediatamente encaminhados para o processo de produção, sendo criado um atributo no Assign 2 que atribui a quantidade a ser produzida, ou seja, a quantidade a ser processada pelo recurso.

A quantidade a ser produzida é na verdade o somatório da quantidade da encomenda com um incremento de 2%, de modo a considerar a produção de componentes defeituosos. No entanto, nas referências abastecidas por stock, apesar dessa quantidade produzida, o aumento de inventário após produção não engloba esses 2% produzidos.

É importante referir que é no ponto do Assign 1 e 2 que o tempo de entrega começa a contar. Quanto aos componentes abastecidos por stock, provenientes do Create 1, no Decide 1 será verificado se a quantidade de componentes necessária para satisfazer a encomenda existe em stock. Caso não exista, é contada uma falha de serviço de stock no Record 1. Caso exista em stock, então no Assign 3 a quantidade em stock é atualizada, removendo a quantidade necessária para satisfazer a encomenda. Após essa atualização, no módulo Hold 1 é verificado se a entidade em questão está a ser processada ou se está em fila de espera do recurso, através da variável “Status de produção”. Caso esteja em processo alguma produção para esta entidade, esta variável detém o valor 1 e o sistema não avança. Caso não esteja, a variável contém o valor 0 e o sistema avança para o Decide 2, que verifica se a quantidade em stock atingiu ou não o ponto de encomenda. Caso não tenha atingido, a entidade sai do sistema. Caso tenha sido atingido o ponto de encomenda, no Assign 4 é definido um atributo a indicar a quantidade económica que deverá ser produzida e à variável “Status de Produção” é atribuído o valor de 1, que dará indicação ao módulo Hold 1 que a entidade já tem ordem de produção em curso.

Havendo 2 linhas a produzir o mesmo diâmetro, representadas pelo Process 1 e 2, as encomendas serão encaminhadas para o processo com fila de espera menor. Essa escolha de em que linha a encomenda será produzida é feita no Decide 7. O tempo de processamento de cada encomenda pelo recurso será logicamente o atributo definido no Assign 2 e 4, vezes o tempo de produzir cada unidade.

A sequência de processamento é feita na base da regra *first in-first out* (FIFO). A cada um dos recursos está associado um tempo médio entre avarias de 8 horas e um tempo de paragem de 1 hora, condizente com os valores reais da empresa. Quer isto dizer que, em cada turno de trabalho, cada uma das linhas irá parar 1 hora, de modo a representar a possibilidade de avaria real. A capacidade desses mesmos recursos varia segundo um calendário, tendo por base que o Processo funciona em laboração contínua, parando apenas um turno ao Domingo. Depois de serem processadas as encomendas nos processos, o Decide 3 irá controlar qual a entidade que esteve a ser produzida. Caso tenha sido produzida uma entidade relativa a um componente produzido por encomenda, o Record 3 irá contar o tempo desde que foi lançada a encomenda no Assign 2 até este momento onde a produção das quantidades foi concluída. O Decide 5 irá inspecionar se o tempo constatado no Record 3 foi superior ou não a uma semana. Caso tenha sido, conta uma falha de serviço de produção no Record 7. Caso tenha sido inferior, conta como tempo adequado de produção no Record 6. Logicamente que este controlo do tempo total no sistema é efetuado separadamente para cada uma das referências distintas. Após ambos os Record, a entidade sai do sistema.

Quando o Decide 3 deteta que se trata de uma entidade relativa a um componente produzido para stock, a variável referente ao nível de inventário irá ser aumentada na quantidade da quantidade económica de encomenda respetiva no Assign 5. No Assign 5 a variável “Status de Produção” volta a 0, para dar indicação ao módulo Hold que a respetiva entidade já não se encontra em processo.

Após a produção dessa quantidade, no Record 2, à semelhança do que acontece no Record 3, é controlado o tempo que passou desde o verificado no Assign 1. O Decide 4 irá validar se esse tempo medido pelo Record 3 é superior ou inferior a uma semana. Caso seja inferior, o Record 6 conta como tempo adequado de produção. Caso seja superior a uma semana, o Record 7 conta uma falha de serviço de produção. Após os Record 6 e 7, a entidade sai também do sistema no módulo Dispose 1.

Na situação dos diâmetros onde só existe uma linha de produção a fabricar, o módulo Decide 7 não existirá e as entidades irão diretamente para a fila de espera do único processo existente.

c. Especificação das distribuições de probabilidade:

Como já foi referido, por não se conseguir aferir a dependência dos consumos, o *input* das necessidades de componentes por dia são atualizadas a partir dum ficheiro excel que contém os dados históricos dos consumos do ano anterior.

d. Especificação do procedimento de incremento temporal:

O Software Arena recorre à abordagem por processos com incrementos temporais variáveis. O sistema é representado segundo o ponto de vistas das entidades. Os restantes componentes do sistema são vistos como um conjunto de recursos ao serviço das entidades.

Posteriormente a se correr a simulação, usualmente passa-se para a **avaliação dos resultados** numa ótica estatística. Este procedimento serve para garantir que as distribuições estatísticas e a aleatoriedade introduzida no modelo culminam num funcionamento representativo do sistema real. No entanto, como nesta simulação se optou pela utilização dos consumos de dados históricos, esta fase não se aplica.

Validação do modelo: Esta fase tem como objetivo confirmar se a modelação é representativa da realidade e verificar se existem erros de lógica. Para tal, foram feitas corridas com valores pequenos de modo a manipular o sistema para uma solução conhecida à priori.

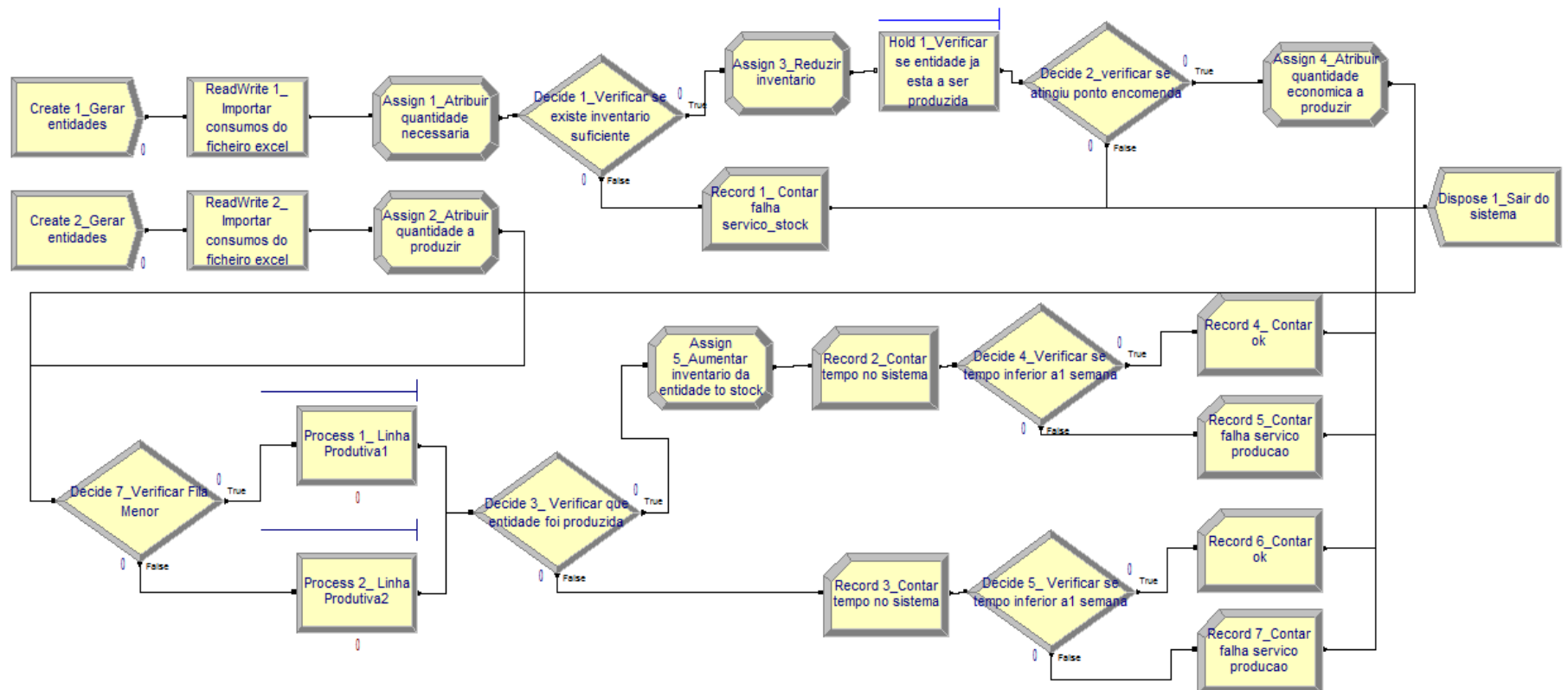


Figura 11: Esquema representativo do modelo de simulação

Como o sistema se comportou como era previsto e forneceu os mesmos resultados calculados analiticamente, pode-se considerar que foi validado com sucesso.

Para confirmar que o modelo é representativo da realidade foram realizadas reuniões com elementos da empresa das áreas da produção e do planeamento para validar a sequência lógica dos processos.

Teste de nova experiência: Esta última fase ilustra o processo iterativo envolvido. A solução do modelo de simulação apresentado foi fruto de um processo iterativo. Vários modelos anteriores foram desenvolvidos e aperfeiçoados até se atingir esta solução.

5.2 Análise de Resultados

Todas as linhas de Estampagem funcionam em laboração contínua, quer isto dizer que operam 24 horas por dia exceto ao domingo, onde apenas trabalham dois turnos de 8 horas.

A percentagem de tempo disponível para produzir, em todas as linhas, é então equivalente ao quociente entre o tempo disponível, 160 horas semanais, sobre o tempo total de uma semana, 168 horas. Esta divisão dá um rácio de 95,25%. Nos subcapítulos seguintes são analisados os resultados obtidos para os componentes de cada tipo de diâmetro existente.

Na Tabela 10: Percentagem de utilização das Linhas de Produção encontram-se detalhadas as informações relativas à utilização das diferentes linhas de produção da Estampagem. Esta utilização não é mais do que a percentagem do tempo disponível em que o recurso se encontra efetivamente a trabalhar. Para além disso, encontra-se apresentado que tipo de componente é produzido em cada linha, bem como a quantidade total de encomendas processadas ao longo do período de teste de um ano.

Com esta síntese pode-se extrair que recursos merecem especial programação por estarem a operar perto da sua capacidade máxima. Concretamente, apreende-se que uma das linhas de cúpulas do diâmetro 52 (TP52), a linha que produz cúpulas do diâmetro 41 (TP41) e a linha que produz cúpulas do diâmetro 49 (TP45) deverão ser cuidadosamente monitorizadas.

Tabela 10: Percentagem de utilização das Linhas de Produção

Linha	O que produz	% Utilização do Recurso	Total de encomendas processadas
31038	TP60	68,71	6320
31003	BT63	65,74	5189
31090 e 91039	TP52	52,00 e 71,36	2476 e 2049
31068	BT54	48,83	4833
31067 e 31062	TP48	43,85 e 66,89	3793 e 3576
31015 e 31069	BT50	52,83 e 64,48	2560 e 3020
31037	TP45	80,96	1904
31055	BT47	66,77	769
31052	TP41	74,20	3978
31017	BT43	35,48	3387

Da Tabela 11 à Tabela 1820 estão apresentados os resultados obtidos no que respeita a número de falhas verificadas na corrida da simulação. Com essas falhas e com o número de entidades que passaram pelo sistema foi possível calcular o nível de serviço do processo relativo a cada referência específica. O tempo médio em fila de espera foi também registado para se compreender a evolução do processo em cada linha.

Face ao nível de serviço de 95% estabelecido como objetivo pela empresa, os resultados obtidos podem-se considerar muito satisfatórios.

Tabela 11: Resultados das Cúpulas 52 do Diâmetro 57

Componente	Nº out	Nº Falhas de Serviço de Stock	Nº Falhas da Produção	%Nível de Serviço	Tempo médio de Fila de Espera
I	352	25	13	89,20	73,85 h
J	357	0	2	99,44	13,01 h
AH	350	0	0	100,00	0,24 h
AI	362	0	0	100,00	0,76 h
AJ	372	1	3	98,92	44,26
AL	376	0	0	100,00	2,20 h
DO	409	-	21	94,87	27,01 h
DP	358	-	21	94,13	32,27 h
DQ	369	-	12	96,75	21,38 h
DR	353	-	20	94,33	28,30 h
DS	370	-	17	95,41	29,17 h
DT	372	-	11	97,04	23,87 h
DU	351	-	22	93,73	29,58 h
DV	379	-	19	94,99	28,83 h
DX	367	-	17	95,37	25,68 h
DY	384	-	13	96,61	38,47 h

Tabela 12: Resultados dos Fundos 50 do Diâmetro 52

Componente	Nº out	Nº Falhas de Serviço de Stock	Nº Falhas da Produção	%Nível de Serviço	Tempo médio de Fila de Espera
R	376	4	3	98,14	13,01 h
S	353	1	1	99,43	5,34 h
T	372	1	3	98,92	10,66 h
U	388	18	5	94,07	47,47 h
V	368	3	1	98,91	10,04 h
AR	355	0	2	99,44	10,08 h
AS	361	0	0	100,00	0,28 h
CY	385	-	14	96,36	25,37 h
CZ	390	-	17	94,87	21,91 h
DA	377	-	13	96,55	23,29 h
DB	384	-	11	97,14	22,44 h
DC	362	-	12	96,69	23,02 h
DD	362	-	13	96,41	21,49 h
DE	348	-	11	96,84	20,73 h
DF	346	-	16	95,38	23,30 h
DG	378	-	14	96,30	22,84 h
DH	357	-	12	96,64	25,16 h
DI	378	-	19	94,97	30,53 h

Tabela 13: Resultados dos Fundos 43 do Diâmetro 45

Componente	Nº out	Nº Falhas de Serviço de Stock	Nº Falhas da Produção	%Nível de Serviço	Tempo médio de Fila de Espera
N	360	2	0	99,44	3,77 h
O	348	1	0	99,71	11,27 h
BJ	352	-	0	100,00	16,20 h
BL	354	-	0	100,00	17,40 h
BM	369	-	0	100,00	20,05 h
BN	363	-	0	100,00	20,73 h
BO	401	-	0	100,00	23,60 h
BP	360	-	0	100,00	18,06 h
BQ	391	-	0	100,00	18,79 h
BR	396	-	0	100,00	20,61 h
BS	381	-	0	100,00	20,28 h

Tabela 14: Resultados das Cúpulas 45 do Diâmetro 49

Componente	Nº out	Nº Falhas de Serviço de Stock	Nº Falhas da Produção	%Nível de Serviço	Tempo médio de Fila de Espera
C	356	12	25	89,61	51,30 h
AE	382	0	0	100,00	0,37 h
AF	379	2	2	98,94	6,42 h
AD	385	2	1	99,22	4,26 h
AC	349	0	1	99,71	3,98 h
BT	334	-	37	88,92	51,30 h
BU	395	-	30	92,59	59,11 h
BV	378	-	6	98,41	60,13h
BX	379	-	4	98,94	59,95 h
BY	384	-	2	99,48	59,53 h

Tabela 15: Resultados das Cúpulas 41 do Diâmetro 45

Componente	Nº out	Nº Falhas de Serviço de Stock	Nº Falhas da Produção	%Nível de Serviço	Tempo médio de Fila de Espera
A	370	4	4	97,84	17,34 h
B	378	11	16	92,86	46,43 h
AY	341	-	4	98,83	97,12 h
AZ	364	-	48	86,81	98,04 h
BA	359	-	14	96,10	86,20 h
BB	342	-	34	90,06	102,66 h
BC	347	-	7	97,98	89,08 h
BD	384	-	87	77,34	94,13 h
BE	382	-	6	98,43	93,94 h
BF	379	-	5	98,68	87,28 h
BG	397	-	81	79,60	88,37 h

Tabela 16: Resultados das Cúpulas 48 do Diâmetro 52

Componente	Nº out	Nº Falhas de Serviço de Stock	Nº Falhas da Produção	%Nível de Serviço	Tempo médio de Fila de Espera
D	358	2	1	99,16	7,52 h
E	409	0	0	100,00	3,81 h
F	375	5	1	98,40	6,91 h
G	355	5	28	90,70	44,06 h
H	344	0	1	99,71	10,47 h
CB	398	-	17	95,73	14,27 h
CD	334	-	2	99,40	12,04 h
CE	383	-	7	98,17	18,63 h
CF	377	-	3	99,20	14,43 h
CG	357	-	5	98,60	19,70 h
CH	353	-	6	98,30	15,96 h
CI	361	-	6	98,34	17,35 h
CJ	373	-	7	98,12	16,37 h
CL	381	-	2	99,48	11,10 h
CM	354	-	9	97,46	19,27 h
CN	362	-	6	98,34	17,18 h
CO	361	-	1	99,72	12,70 h
CP	390	-	3	99,23	12,02 h
CQ	366	-	5	98,63	18,81 h
CR	337	-	2	99,41	14,09 h
CS	368	-	3	99,18	16,17 h
CT	379	-	3	99,21	13,18 h
CU	355	-	6	98,31	18,03 h
CV	328	-	4	98,78	13,63 h
CX	369	-	5	98,64	15,20 h

Tabela 17: Resultados dos Fundos 47 do Diâmetro 49

Componente	Nº out	Nº Falhas de Serviço de Stock	Nº Falhas da Produção	Nível de Serviço	Tempo médio de Fila de Espera
AM	345	0	0	100,00%	0
P	355	4	19	93,52%	26,45 h
Q	371	2	5	98,11%	19,93 h
BZ	370	1	31	91,35	1,58 h
AP	394	0	0	100,00%	0
AQ	381	0	0	100,00%	0
AO	390	-	1	99,74%	51,91 h
CA	347	-	3	99,14%	48,89 h

Tabela 18: Resultados dos Fundos 54 do Diâmetro 57

Componente	Nº out	Nº Falhas de Serviço de Stock	Nº Falhas da Produção	%Nível de Serviço	Tempo médio de Fila de Espera
X	403	0	0	100,00	11,77 h
Z	382	0	0	100,00	1,34 h
AT	388	0	0	100,00	2,52 h
AU	351	1	0	99,72	3,38 h
AV	340	0	0	100,00	1,25 h
AX	375	0	0	100,00	0,33 h
EB	349	-	0	100,00	18,32 h
EC	361	-	0	100,00	17,94 h
ED	338	-	0	100,00	17,94 h
EE	382	-	0	100,00	18,93 h
EF	400	-	0	100,00	17,09 h
EG	341	-	0	100,00	18,05 h
EH	348	-	0	100,00	19,63 h
EI	381	-	0	100,00	19,99 h
EJ	381	-	0	100,00	19,63 h
EL	356	-	0	100,00	17,02 h
EM	362	-	0	100,00	16,99 h
EN	372	-	0	100,00	16,60 h
EO	373	-	0	100,00	21,70 h

Tabela 19: Resultados dos Fundos 63 do Diâmetro 65

Componente	Nº out	Nº Falhas de Serviço de Stock	Nº Falhas da Produção	%Nível de Serviço	Tempo médio de Fila de Espera
FA	378	10	5	96,03	35,74 h
FB	343	1	2	99,13	9,10 h
FC	356	-	10	97,19	46,62 h
FD	382	-	7	98,17	41,80 h
FE	344	-	13	96,22	55,26 h
FF	372	-	16	95,70	48,91 h
FG	369	-	8	97,83	42,30 h
FH	368	-	10	97,28	46,84 h
FI	362	-	15	95,86	47,33 h
FJ	368	-	12	96,74	48,54 h
FL	368	-	8	97,83	45,05 h
FM	398	-	16	95,98	45,16 h
FN	364	-	15	95,88	47,22 h
FO	393	-	11	97,20	46,88 h
FP	352	-	8	97,73	45,05 h

Tabela 20: Resultados das Cúpulas 60 do Diâmetro 65

Componente	Nº out	Nº Falhas de Serviço de Stock	Nº Falhas da Produção	%Nível de Serviço	Tempo médio em Fila de Espera
FQ	382	6	1	98,17	5,71 h
FR	361	4	5	97,51	29,74h
FS	360	5	2	98,06	11,64 h
FT	346	-	11	96,82	47,03 h
FU	415	-	7	98,31	42,91 h
FV	360	-	6	98,33	48,54 h
FX	350	-	14	96,00	48, 58 h
FY	371	-	4	98,92	41,09 h
FZ	367	-	8	97,82	47,30 h
GA	382	-	5	98,69	47,45 h
GB	381	-	12	96,85	44,22 h
GC	408	-	5	98,77	46,29 h
GD	377	-	9	97,61	45,64 h
GE	350	-	9	97,43	48,92 h
GF	322	-	6	98,14	45,75 h
GG	329	-	5	98,48	49,95 h
GH	411	-	4	99,03	45,44 h
GI	358	-	9	97,49	46,35 h
GJ	356	-	11	96,91	48,20 h

Criticamente refletindo sobre o modo como se projetou esta simulação, há um aspeto que talvez tenha sido demasiado conservador. Este prende-se com o facto de, para acautelar eventuais ocorrências, se ter colocado uma taxa de avarias em todas as linhas, apesar dos valores de cadência utilizados para as mesmas já terem sido os definidos como líquidos pela empresa. Relativamente à criticidade das falhas de serviço de stock, a abordagem foi pessimista, sempre que não existia no momento exato o inventário completo foi considerada uma falha de serviço. Na realidade, apesar de não haver o stock total no momento, a quantidade em falta ainda poderá ser constituída.

O modelo tem outra limitação que é o fato de as encomendas serem processadas pela regra FIFO. Na realidade, havendo a visibilidade de três semanas, sabendo a data concreta em que as encomendas serão expedidas ao cliente e ainda, a data em que os componentes irão ser montados no processo seguinte, há flexibilidade para sequenciar produções de uma forma mais eficiente. Portanto, as encomendas no sistema real podem ser antecipadas ou adiadas, sendo processadas pelo recurso numa data que não prejudique a entrega ao cliente final. Por esta razão, as falhas de produção verificadas, algumas delas poderão não ser críticas numa situação real. Apesar do nivelamento de stocks definido ter produzido bons resultados, importa salientar que deverá haver grande foco na manutenção para garantir que os recursos se comportam como o esperado. Não obstante, é crítico também monitorizar permanentemente as flutuações na procura, pois dada a instabilidade do mercado, o que poderá hoje ser um produto de elevado consumo, amanhã poderá já não ser encomendado.

Para concluir, fica a sugestão de que se deverá continuar a tentar trabalhar em colaboração com os clientes, de modo a estes darem visibilidade da sua cadeia e partilharem previsões e outros elementos, com o intuito de melhorar o planeamento.

6 Conclusões e sugestões de trabalhos futuros

Com vista a construir uma cadeia de abastecimento eficiente, o processo de decisão deverá ser suportado por ferramentas e métodos analíticos. Só desta forma se conseguirão eliminar subjetividades e desperdícios e se conseguirá alinhar a gestão com a estratégia definida.

A metodologia proposta para estruturação da decisão do processo de planeamento revela-se eficaz e enquadra-se nos objetivos pretendidos. A utilização da análise ABC cruzada com a XYZ chama a atenção de que apenas se deve manter inventário para as referências com elevado consumo e pouca variabilidade no padrão dos consumos. Desta forma, não se retém capital investido nas referências com elevado consumo mas atípico. Usualmente estas referências ficam disfarçadas na típica análise ABC. Esta estrutura de apoio à decisão elimina ambiguidades no planeamento da produção e claramente reduz os níveis de inventário mantidos pela organização. O modelo de simulação construído permitiu a validação da hipótese proposta e ainda, compreender o impacto no sistema numa implementação futura desta metodologia.

Dadas as limitações temporais do período de realização do projeto e a dificuldade encontrada na obtenção de dados, não foi possível arranjar solução para todas as oportunidades de melhoria encontradas, nem desenvolver o modelo na plenitude das suas capacidades. O presente trabalho poderia ser melhorado e as limitações evidenciadas do modelo de simulação construído poderiam ser colmatadas.

Numa ótica de serem retomadas em trabalhos futuros, relembram-se as oportunidades de melhoria detetadas no mapeamento efetuado. Primeiramente foi destacado o tempo despendido em atividades sem valor acrescentado. Como foi referido, ao longo do processo é possível assinalar inúmeras atividades e ficheiros paralelos ao SAP. Existe a necessidade de compreender as dificuldades dos colaboradores em trabalhar com a ferramenta e arranjar formas de facilitar a sua utilização. O alinhamento, a normalização das tarefas e a partilha do conhecimento fomenta a melhoria dos processos e permite que nenhuma função fique centrada numa única pessoa. Os sistemas de informação devem ser utilizados no máximo das suas funcionalidades para se atingir os ganhos de eficiência processual que justificam o investimento nos mesmos.

Em segundo lugar, é conveniente arranjar soluções para a questão da falta de normalização na tomada de decisão do processo de controlo de qualidade da folha litografada. A falta de critérios temporais limite para a tomada de decisão neste processo, pode levar, como já foi referido, à geração de desperdícios avultados. O esforço deverá ser na direção de atingir um ótimo global, que será satisfazer as necessidades do cliente final.

Para finalizar fica uma breve nota sobre o facto da gestão de inventários ser fundamental para uma boa performance organizacional. Uma correta definição da política de inventário permite um planeamento da produção controlado. Por sua vez, um planeamento da produção controlado permite a minimização do capital investido mantendo os níveis desejados de serviço ao cliente.

Referências

- “Análise Setorial da Indústria Metalomecânica.” Análise sectorial, Banco de Portugal, Lisboa, 2015.
- Ballou, Ronald H. *Business Logistics Management*. Prentice-Hall, 1992.
- Banerjee, Arindam, Tathagata Bandyopadhyay, e Prachi Acharya. “Data Analytics: Hyped Up Aspirations or True Potential?” *Vikalpa*, 2013.
- Chackelson, Claudia, Ander Errasti, e Raul Poler. “An Expert System for Inventory Replenishment Optimization.” *International Federation for Information Processing*, 2010.
- Christopher, Martin. *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service*. Prentice Hall, 1998.
- Fleischmann, Bernhard, Herbert Meyr, e Michael Wagner. “Advanced Planning.” *Supply Chain Management and Advanced Planning*. Springer, 2000.
- Gosavi, Abhijit, e Tolga Tezcan. “Optimal Allocation in Production Lines Using Automata Search.” 2001.
- Graves, Stephen C., e Sean P. Willems. “Strategic Safety Stock Placement in Supply Chains.”
- Huisman, Dennis Oliver. “To What Extend do Predictive, Descriptive and Prescriptive Supply Chain Analytics Affect Organizational Performance?”
- Jacobs, F. Robert, e Richard B. Chase. *Operations and Supply Chain Management*. 14th. New York: Mc Graw Hill, 2014.
- Lobo, Bernardo Sobrinho Simões de Almada. *Planeamento e Escalonamento da Produção: Visão Global e Caso de estudo*. FEUP, 2005.
- Magee, John F., e David M. Boodman. *Production Planning and Inventory Control*. McGRAW-HILL, 1967.
- Martínez-Solano, Pedro, e Pedro Juan García-Teruel. “Effects of Working Capital Management on SME profitability.” *International Journal of Managerial Finance*, 2007.
- Olhager, Jan. “Strategic positioning of the order penetration point.” Montagem por Linkoping Institute of Technology. *International journal of production economics*, 2003.
- Rao, C. Madhusudhana, e K. Prahlada Rao. “Inventory Turnover Ratio as a Supply Chain Performance Measure.” *Serbian Journal of Management*, 2009.
- Sargent, Robert G. “Verifying and Validating Simulation.” *Proceedings of 2014 Winter Simulation Conference*. Syracuse University.
- Steward, Gordon. “Supply Chain performance benchmarking study reveals keys to supply chain excellence.” *Logistics Information Management*, 1995.

Thomas, L. Joseph, e John O. McClain. *An overview of production planning*. Vol. 4, em *Handbooks in operations research and management science*, de S. C. Graves, A.H.G. Rinnooy Kan e P. H. Zipkin, 333-370. 1993.

Zipkin, P.H., S.C. Graves, e A.H.G. Rinnooy Kan. *Logistics of Production and Inventory*. Elsevier Science, 1993.

Zizka, Miroslav. “The Analytic Approach Vs. The Simulation Approach to Determining Safety Stock.” *Problems and Perspectives in Management* , 2005.

ANEXO A: Processo de Planeamento de Litografia de Folha para componentes

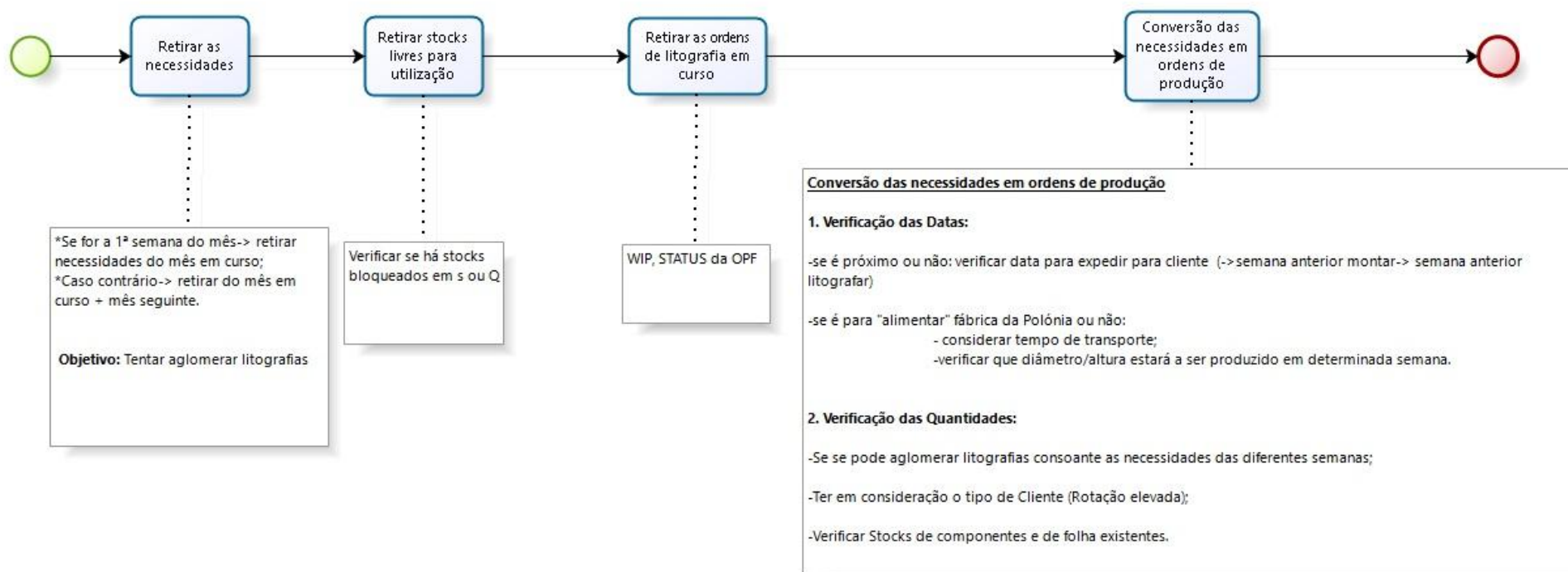


Figura 1: Processo de Planeamento de Litografia de Folha para componentes

ANEXO B: Processo de Planeamento da Litografia

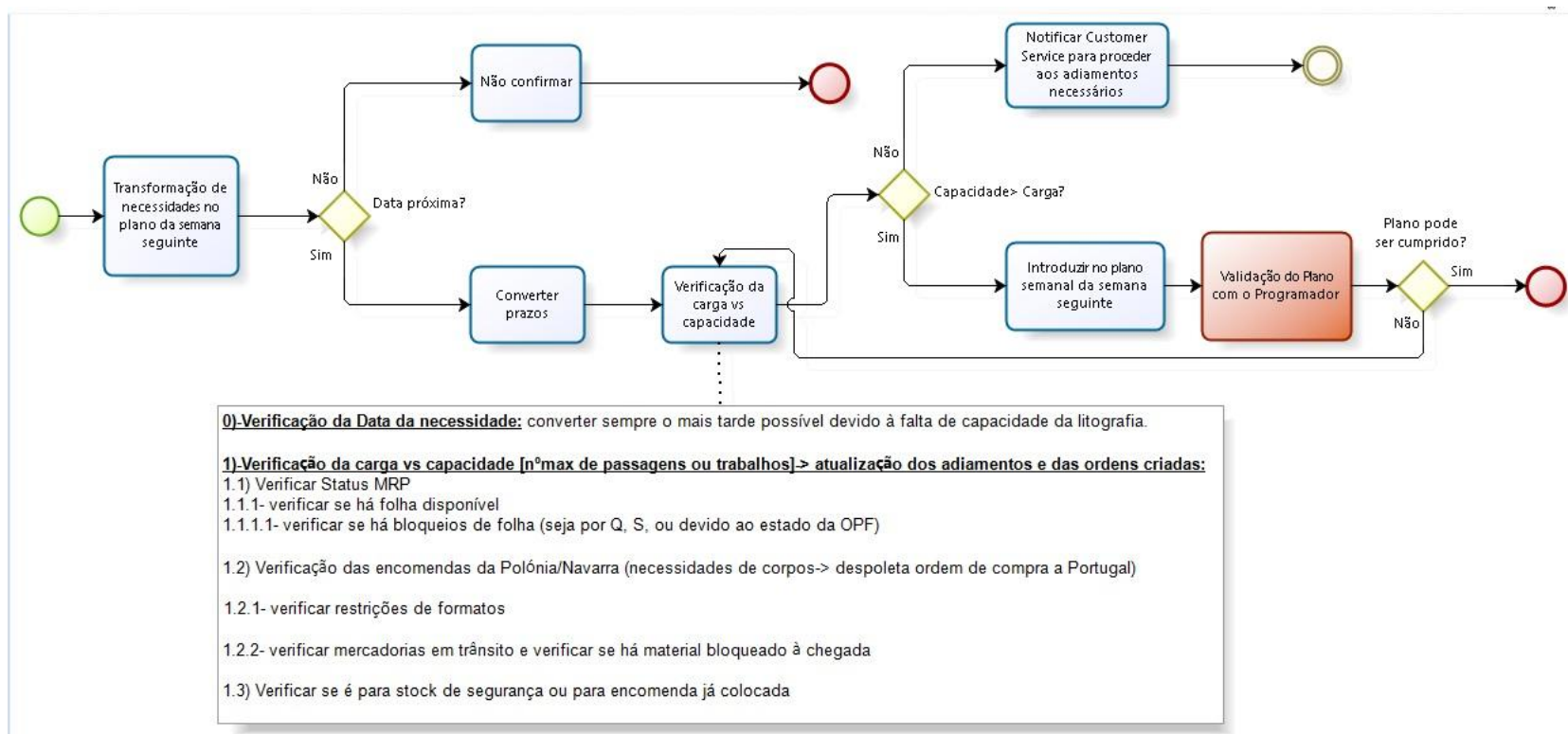


Figura 1: Processo de Planeamento da Litografia

ANEXO C: Processo de Planeamento do Corte Primário

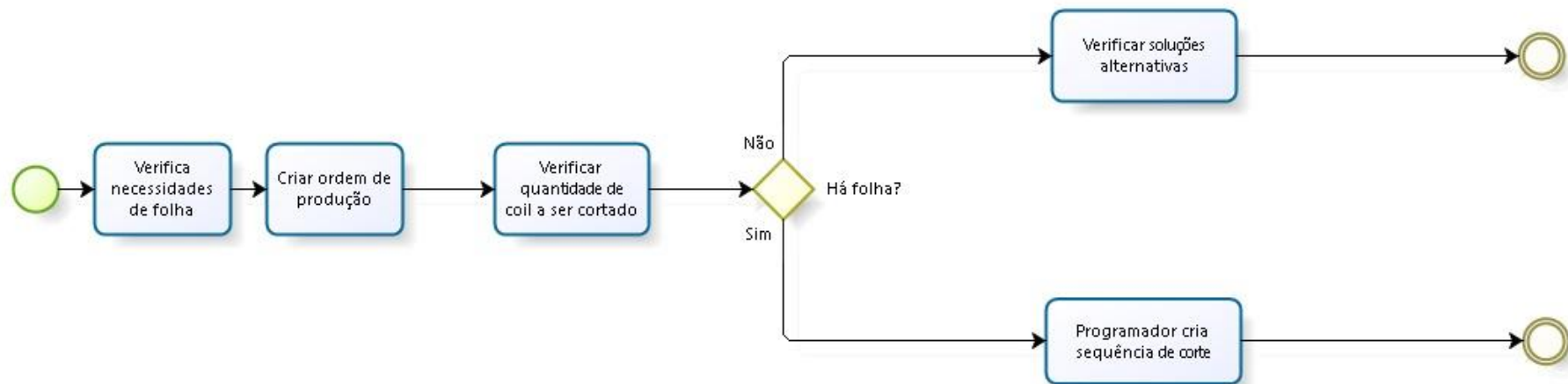


Figura 1: Processo de Planeamento do Corte Primário

ANEXO D: Processo de Planeamento da Montagem

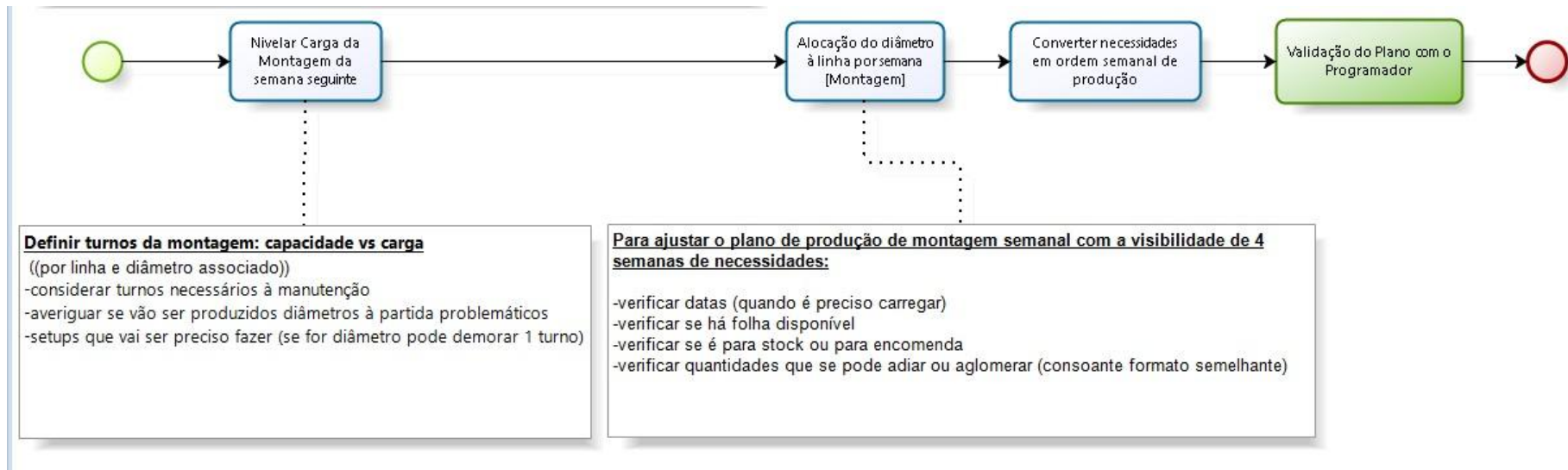


Figura 1: Processo de Planeamento da Montagem

ANEXO E: Variação da diferença entre a produção e o consumo para os vários diâmetros

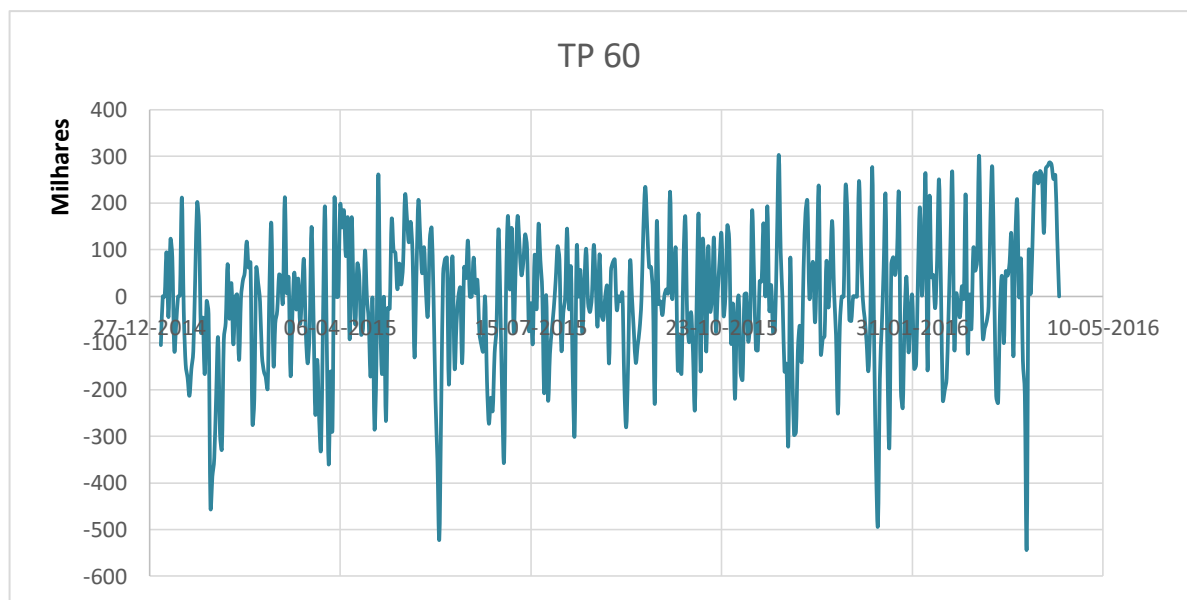


Figura1: Necessidades líquidas das Cúpulas 60

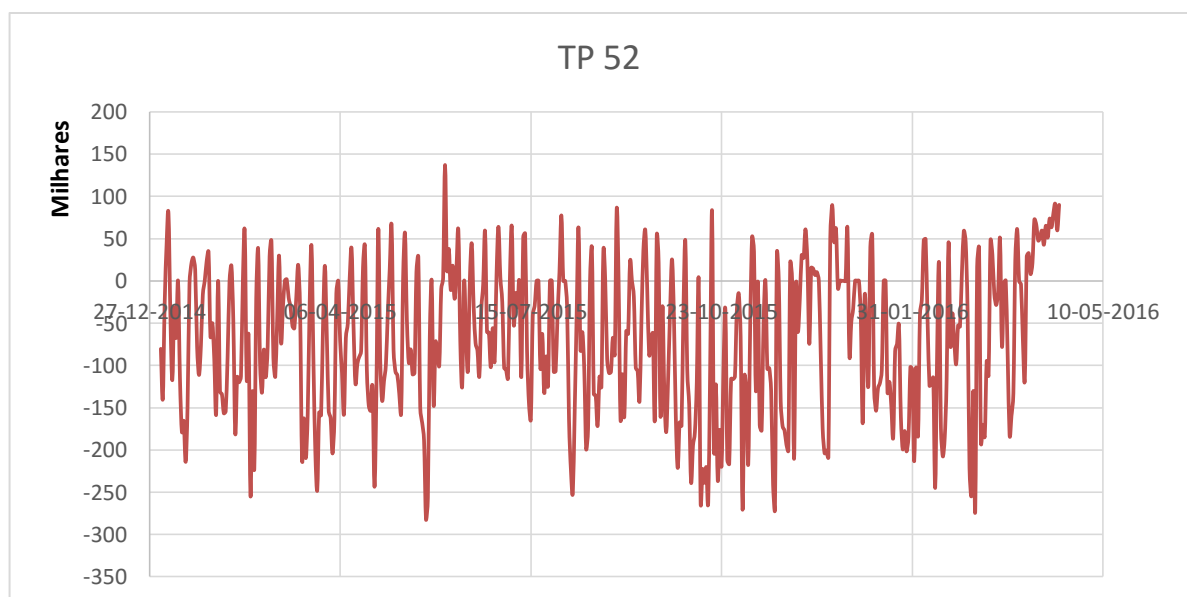


Figura 2: Necessidades Líquidas das Cúpulas 52

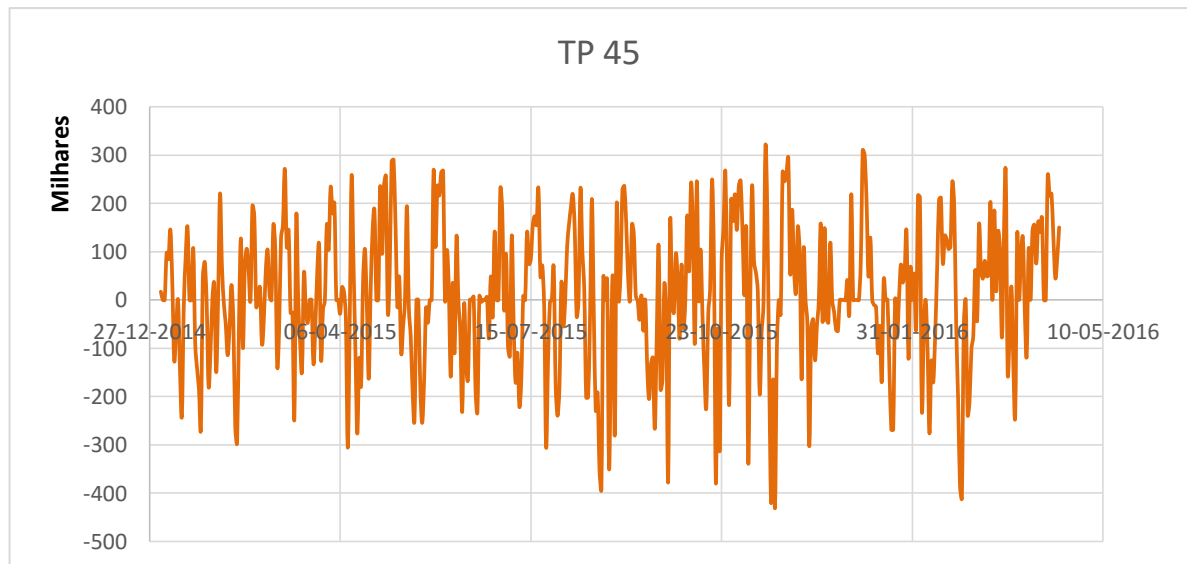


Figura 3: Necessidades Líquidas das Cúpulas 45

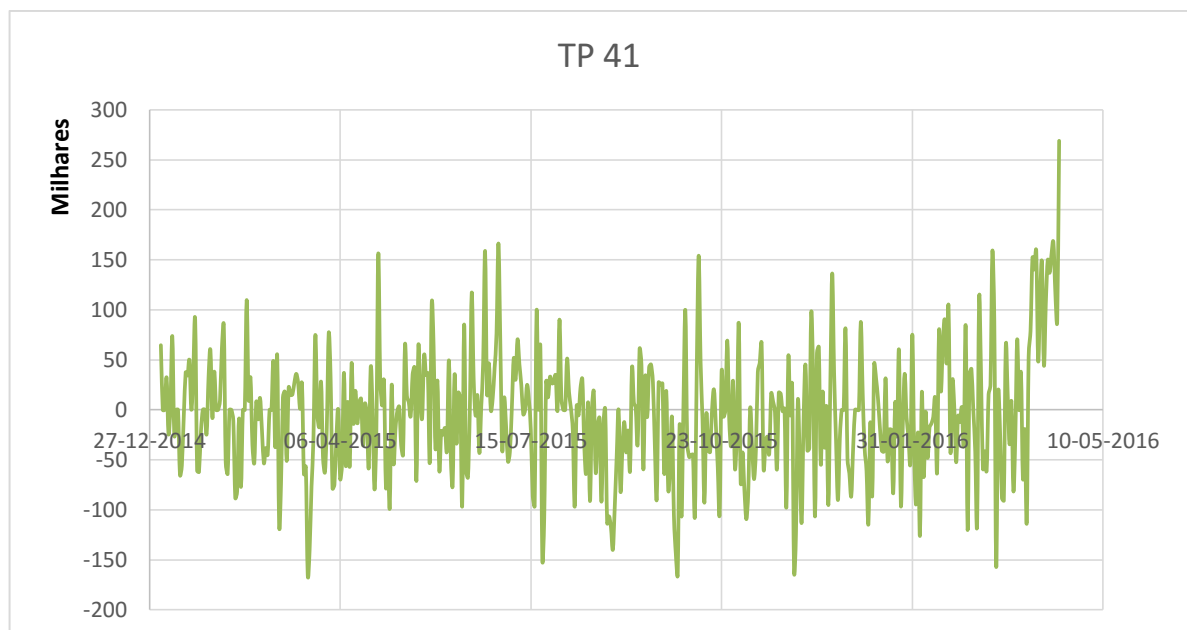


Figura 4: Necessidades Líquidas das Cúpulas 41

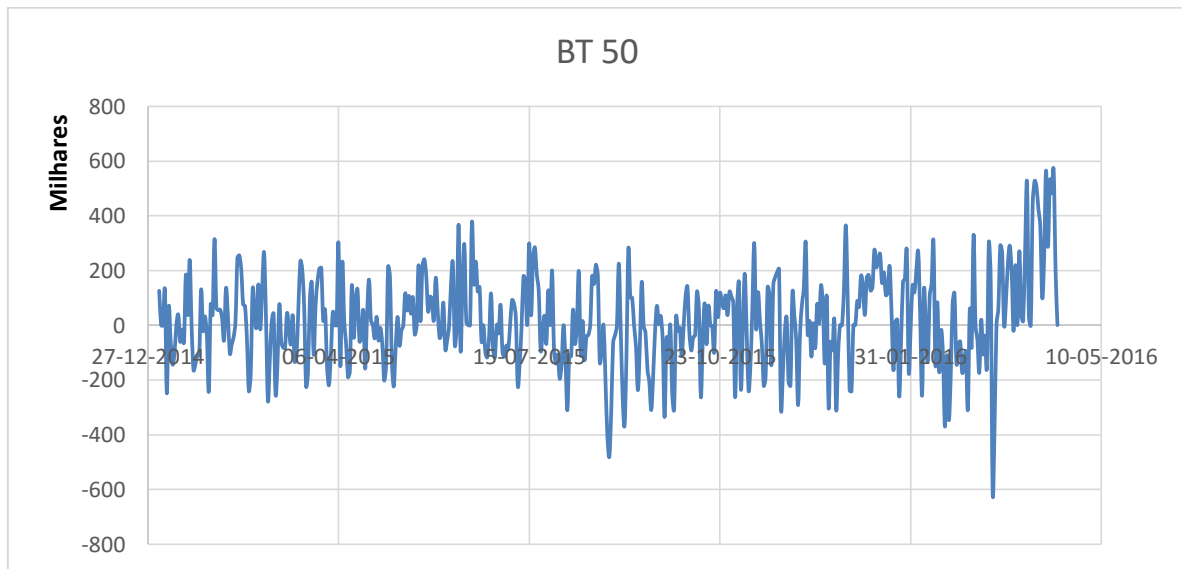


Figura 5: Necessidades Líquidas dos Fundos 50

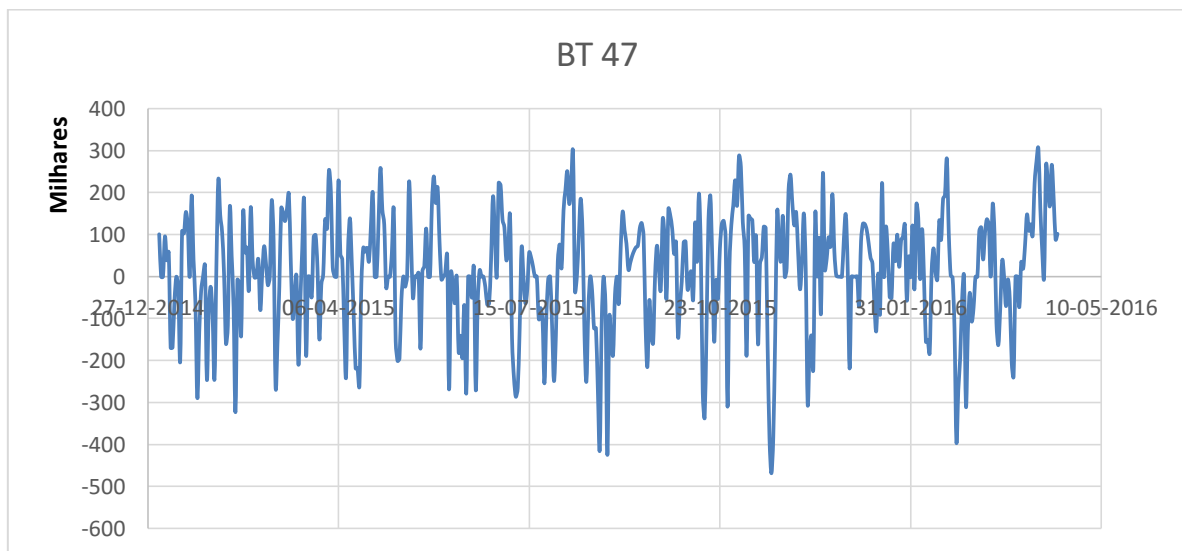


Figura 6: Necessidades Líquidas dos Fundos 47

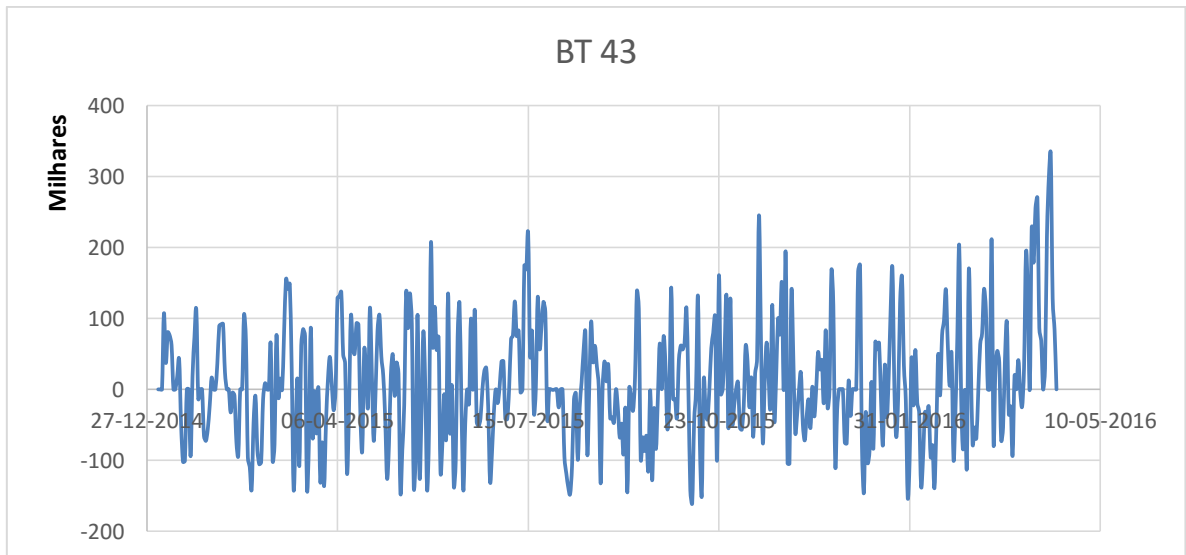


Figura 7: Necessidades Líquidas dos Fundos 43

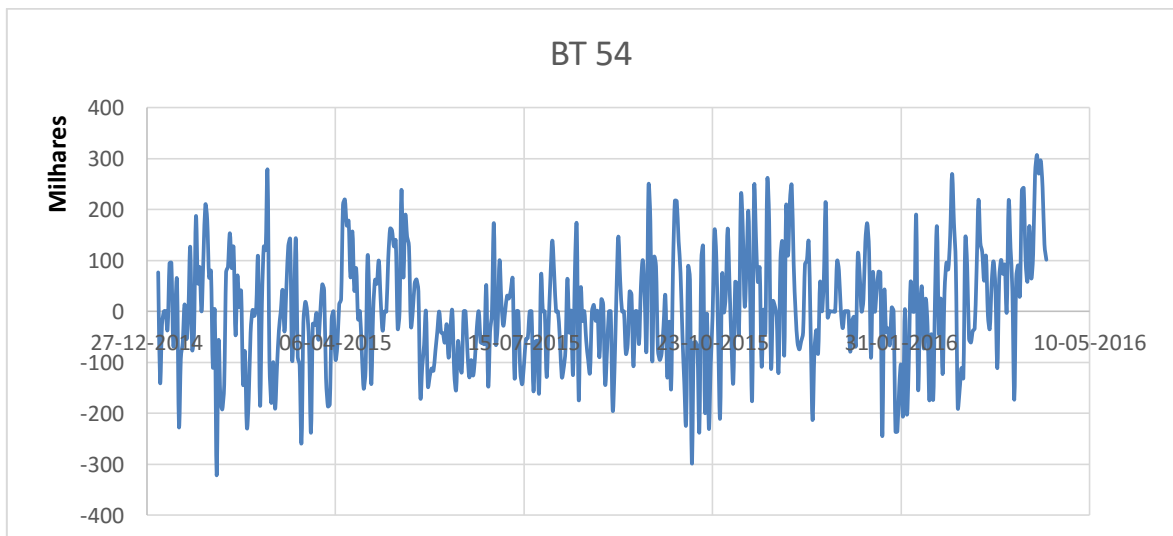


Figura 8: Necessidades Líquidas dos Fundos 54

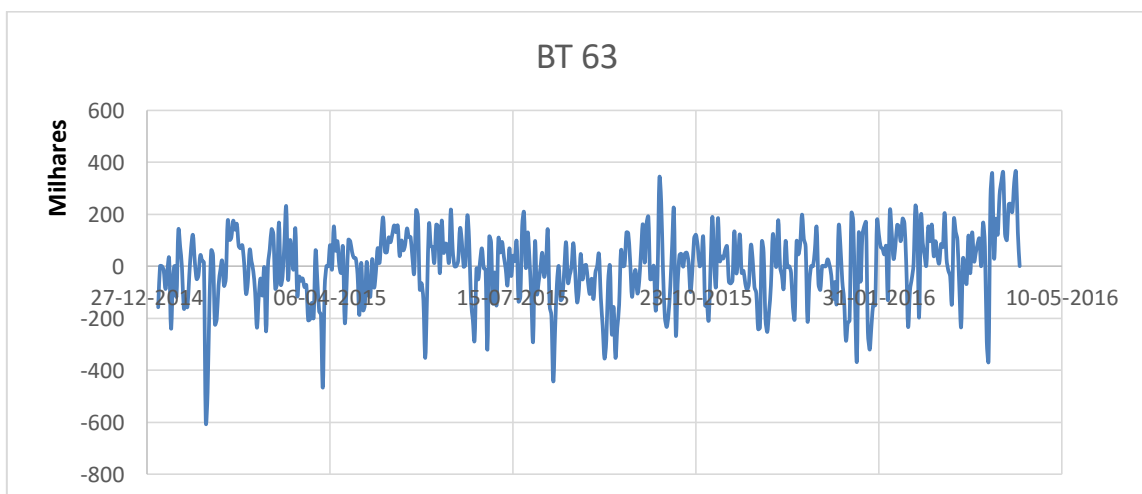


Figura 9: Necessidades Líquidas dos Fundos 63

ANEXO F: Stocks de Segurança dos componentes que têm como destino a Polónia e que não integram a classe de consumo A

Gráfico1: Stocks de Segurança de componentes que vão para a Polónia e não integram a classe de consumo A
(aplicado um fator de conversão)

Componente	Inventário de Segurança	Ponto de Encomenda	Quantidade económica de Encomenda
AC	7.231,60	8.197,70	73.167,65
AD	23.780,47	27.096,54	108.132,10
AE	44.999,46	61.767,76	286.183,60
AF	56.052,97	68.675,06	195.334,19
AG	756.448,01	2.120.135,40	2.414.964,46
AH	88.609,48	101.353,63	190.569,54
AI	115.347,78	135.985,32	235.684,51
AJ	129.266,28	208.123,96	489.267,65
AL	104.277,23	167.400,83	416.372,77
AM	3.678,43	4.008,61	51.320,56
AO	18.072,25	21.890,59	165.490,72
AP	62.313,61	75.837,20	232.634,56
AQ	37.162,48	45.718,91	223.086,97
AR	116.710,73	170.653,32	520.323,08
AS	69.054,43	103.134,72	454.164,56
AT	163.949,86	243.373,20	699.151,92
AU	394.412,51	514.090,25	181.680,65
AV	125.400,02	186.690,56	596.726,27
AX	78.440,44	94.390,51	166.171,42

ANEXO G: Capacidade da Estampagem para produzir por encomenda

Gráfico 1: Capacidade da Estampagem para produzir por encomenda TP 41 (aplicado um fator de conversão)

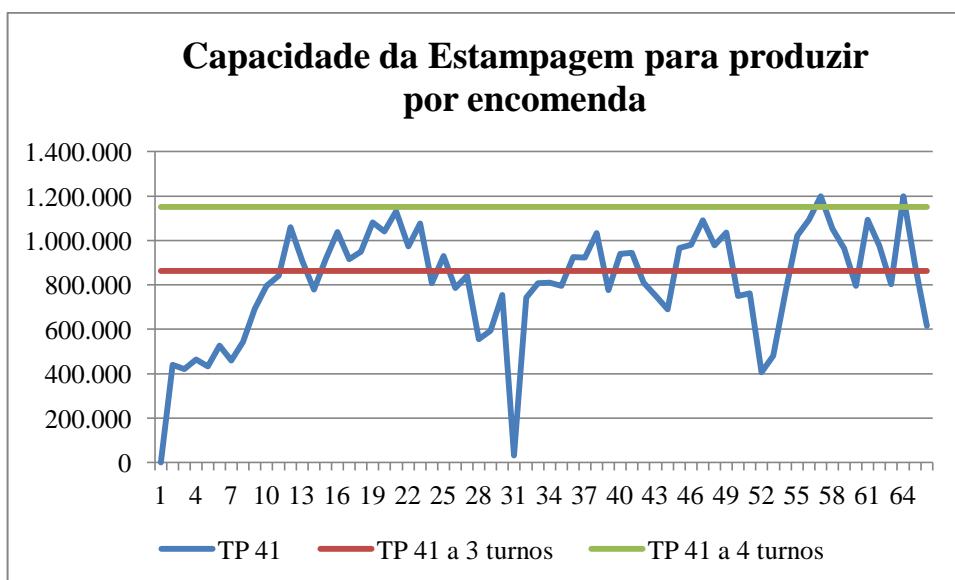


Gráfico 2: Capacidade da Estampagem para produzir por encomenda TP 45 (aplicado um fator de conversão)

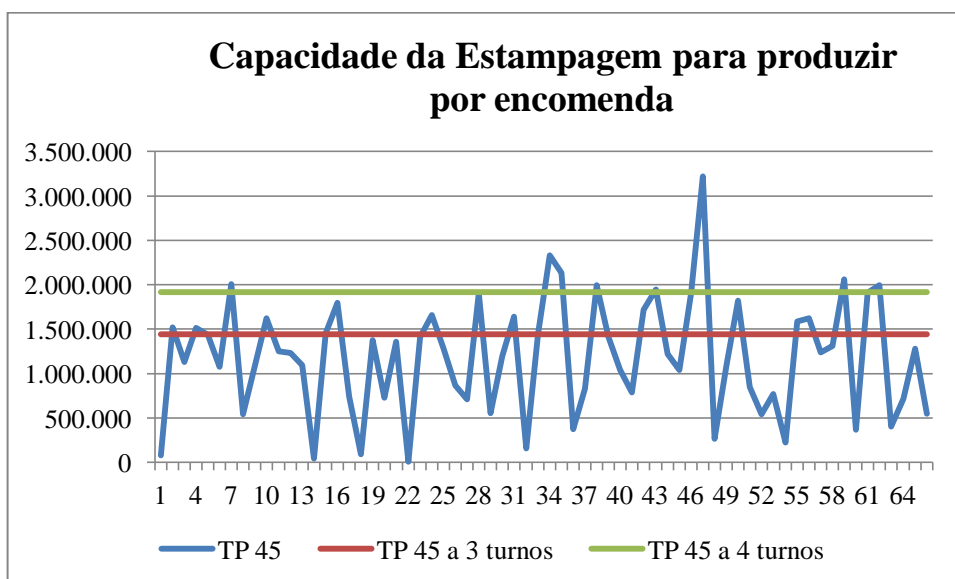


Gráfico 3: Capacidade da Estampagem para produzir por encomenda TP 52 (aplicado um fator de conversão)

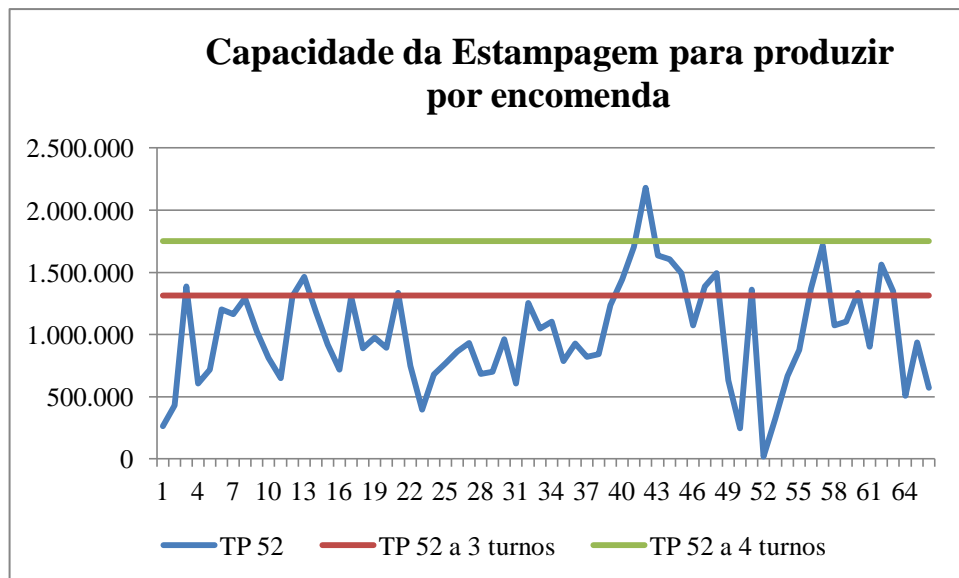


Gráfico 4: Capacidade da Estampagem para produzir por encomenda TP 60 (aplicado um fator de conversão)

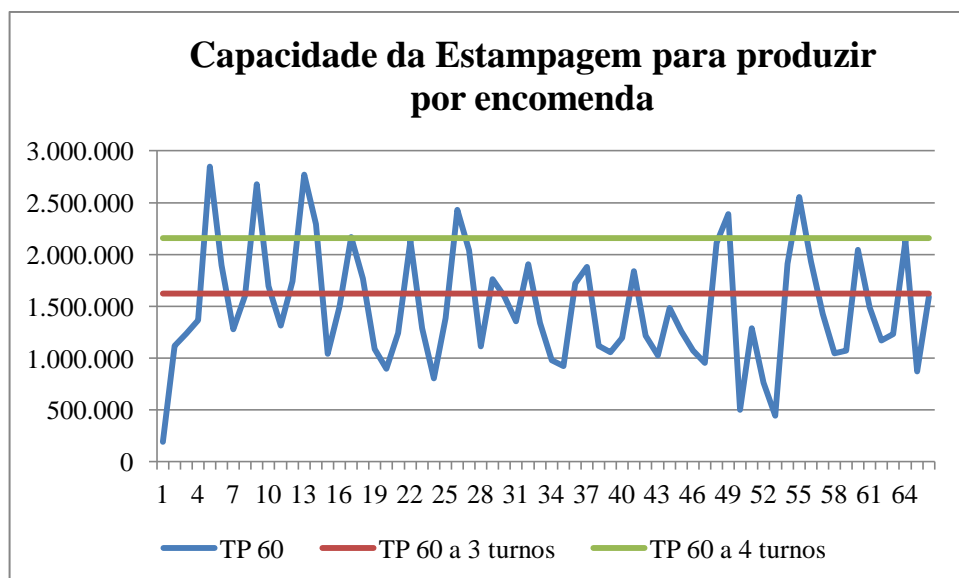


Gráfico 5: Capacidade da Estampagem para produzir por encomenda BT43 (aplicado um fator de conversão)

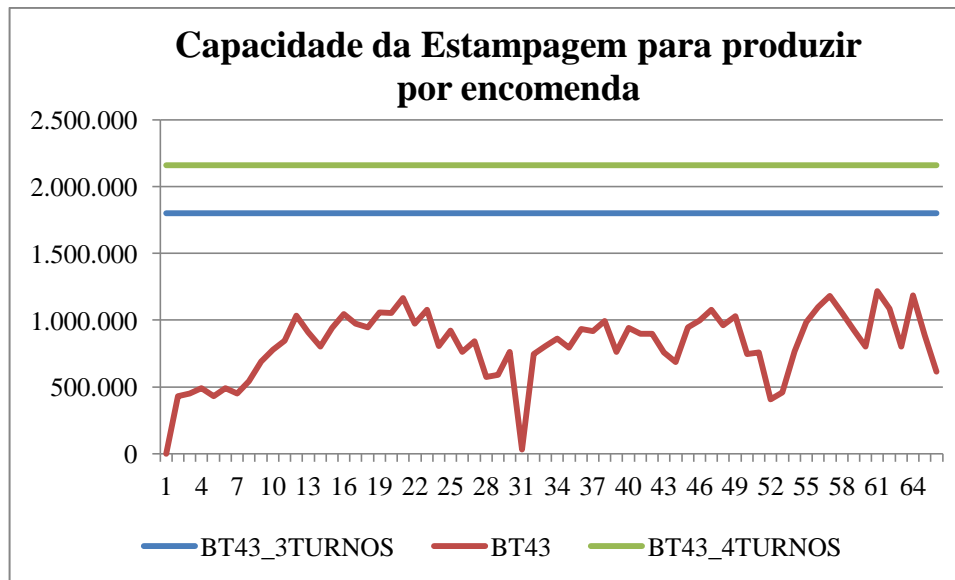


Gráfico 6: Capacidade da Estampagem para produzir por encomenda BT47 (aplicado um fator de conversão)

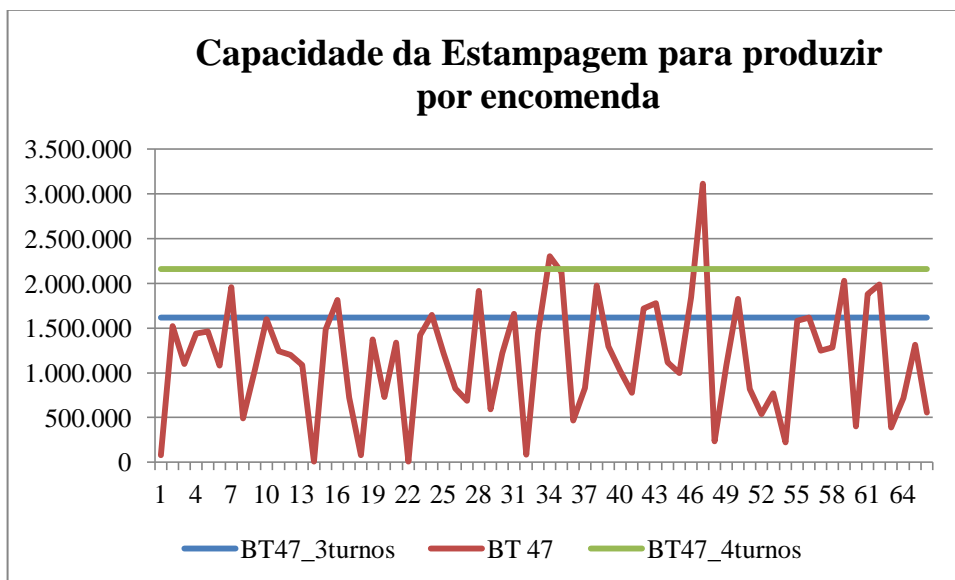


Gráfico 7: Capacidade da Estampagem para produzir por encomenda BT50 (aplicado um fator de conversão)

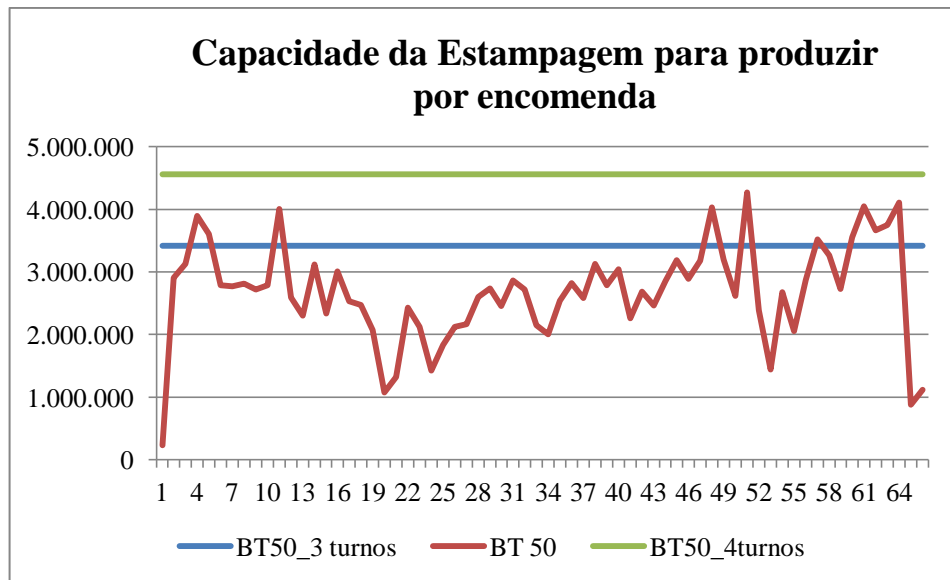


Gráfico 8: Capacidade da Estampagem para produzir por encomenda BT54 (aplicado um fator de conversão)

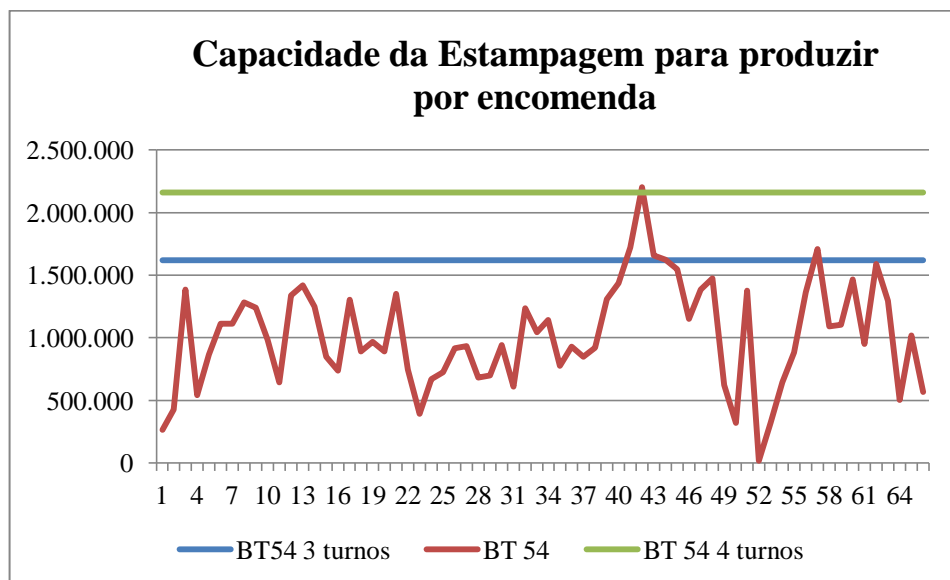


Gráfico 9: Capacidade da Estampagem para produzir por encomenda BT63 (aplicado um fator de conversão)

